

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

KATEDRA BOTANIKY



**Anatomická stavba listů jehličnanů pěstovaných v  
Botanické zahradě UP v Olomouci**

Bakalářská práce

Hana Hrnčířová

B1407 Chemie – Biologie,

prezenční studium

Vedoucí práce: PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Dr.

Olomouc 2021

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracovala samostatně podle metodických pokynů vedoucího práce a za použití uvedené literatury.

V Olomouci, dne

.....

Hana Hrnčířová

## Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce PaedDr. Ing. Vladimíru Vinterovi, Dr. za odborné vedení, poskytnuté rady, vstřícnost a cenný čas, který mé práci věnoval.

# BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE

**Jméno a příjmení autora:** Hana Hrnčířová

**Název práce:** Anatomická stavba listů jehličnanů pěstovaných v Botanické zahradě UP v Olomouci

**Typ práce:** Bakalářská práce

**Pracoviště:** Katedra botaniky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci

**Vedoucí práce:** PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Dr.

**Rok obhajoby práce:** 2021

**Abstrakt:** Práce je zaměřena na studium anatomické stavby jehlic jehličnanů pěstovaných v Botanické zahradě UP v Olomouci. Obsahuje seznam jehličnanů, jejich botanickou charakteristiku, podrobný popis anatomické stavby jehlic včetně fotodokumentace. Hlavním cílem práce je vytvořit didaktické materiály obsahující mikrofotografie s popisem jehlic u jednotlivých druhů a jednoduchý klíč k určování jehličnanů na základě anatomických znaků na jehlicích.

**Klíčová slova:** botanika, jehličnany, jehlice, mikroskopická stavba na řezu jehlicí, Olomouc, botanická zahrada UP

**Počet stran:** 54

**Počet příloh:** 0

**Jazyk:** Český

# BIBLIOGRAPHIC IDENTIFICATION

**Author's first name and surname:** Hana Hrnčířová

**Title of thesis:** Anatomical structure of leaves of conifers growing in Botanic Garden of UP in Olomouc

**Type of thesis:** Bachelor

**Department:** Department of Botany, Faculty of Science, Palacky University, Olomouc

**Supervisor:** PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Dr.

**The year of presentation:** 2021

**Abstract:** This theses aims to study anatomy of the needles of conifers growing in the Botanic Garden of Palacky Univrsity in Olomouc. Thesis contains list of conifers, their botanical characteristics, thorough description of needles' anatomy including their photographic documentation. The main goal of this thesis is to create didactic materials, that include micrographs with needle description of each species and a simple key to determine conifers based on their needles' anatomy.

**Keywords:** botany, conifers, needle, microscopic anatomic structure of the cross-section of the needle, Olomouc, Botanic Garden of Palacky University in Olomouc

**Number of pages:** 54

**Number of appendices:** 0

**Language:** Czech

# Obsah

Úvod a cíle bakalářské práce .....	9
1 Teoretická část s přehledem literatury .....	10
1.1 Botanická zahrada UP .....	10
1.1.1 Historie botanické zahrady.....	10
1.1.2 Botanická zahrada tak, jak ji známe dnes .....	10
1.1.3 Funkční členění botanické zahrady .....	11
1.1.4 Zajímavé kolekce rostlin .....	13
1.2 Obecná charakteristika jehličnanů .....	14
1.3 Stavba rostlinných orgánů – rostlinná pletiva.....	15
1.3.1 Jednoduchá pletiva .....	15
1.3.2 Pletiva krycí .....	16
1.3.3 Pletiva vodivá.....	17
1.4 Anatomická a morfologická struktura vegetativních orgánů jehličnanů .....	18
1.4.1 Kořen.....	18
1.4.2 Stonek.....	21
1.4.3 List .....	23
1.5 Anatomická a morfologická stavba generativních orgánů jehličnanů .....	26
1.5.1 Samčí šištice (mikrostrobily) .....	26
1.5.2 Samičí šištice (megastrobily).....	26
1.5.3 Opylení a oplození .....	27
1.5.4 Vznik semene, semeno.....	27
1.6 Význam praktické výuky na gymnáziích a ostatních středních školách.....	28
2 Praktická část s výsledky .....	30
2.1 Metodika práce .....	30
2.2 Seznam jehličnanů rostoucích v Botanické zahradě UP .....	31
2.2.1 Borovice černá ( <i>Pinus nigra</i> ).....	31

2.2.2	Borovice Heldreichova ( <i>Pinus heldreichii</i> ) .....	31
2.2.3	Borovice kleč ( <i>Pinus mugo</i> ).....	31
2.2.4	Borovice lesní ( <i>Pinus sylvestris</i> ).....	32
2.2.5	Borovice těžká ( <i>Pinus ponderosa</i> ).....	32
2.2.6	Cypřišek hrachonosný ( <i>Chamaecyparis pisifera</i> ).....	32
2.2.7	Cypřišek Lawsonův ( <i>Chamaecyparis lawsoniana</i> ) .....	32
2.2.8	Cypřišek tupolistý ( <i>Chamaecyparis obtusa</i> ).....	33
2.2.9	Douglaska tisolistá ( <i>Pseudotsuga glauca</i> ).....	33
2.2.10	Jalovec obecný ( <i>Juniperus communis</i> ) .....	33
2.2.11	Jalovec prostřední ( <i>Juniperus x media</i> ) .....	34
2.2.12	Jedle cilicijská ( <i>Abies cilicica</i> ).....	34
2.2.13	Kryptomerie japonská ( <i>Cryptomeria japonica</i> ).....	34
2.2.14	Mikrobiota křížmovstříčná ( <i>Microbiota decussata</i> ) .....	34
2.2.15	Modřín japonský ( <i>Larix kaempferi</i> ).....	34
2.2.16	Modřín opadavý ( <i>Larix decidua</i> ) .....	35
2.2.17	Smrk pichlavý ( <i>Picea pungens</i> ).....	35
2.2.18	Smrk sivý ( <i>Picea glauca</i> ).....	35
2.2.19	Tis červený ( <i>Taxus baccata</i> ) .....	36
2.2.20	Zerav japonský ( <i>Thuja standishii</i> ) .....	36
2.2.21	Zerav obrovský ( <i>Thuja plicata</i> ) .....	36
2.2.22	Zerav západní ( <i>Thuja occidentalis</i> ).....	36
2.3	Determinační znaky na řezu jehlicí .....	38
2.3.1	Tvar na příčném řezu jehlicí .....	38
2.3.2	Počet cévních svazků .....	38
2.3.3	Přítomnost, počet a poloha pryskyřičných kanálků .....	38
2.4	Mikrofotografie řezů jehlic obsažených v klíči .....	39
2.4.1	Borovice černá ( <i>Pinus nigra</i> ).....	42

2.4.2	Borovice Heldreichova ( <i>Pinus heldreichii</i> ) .....	42
2.4.3	Borovice kleč ( <i>Pinus mugo</i> ).....	43
2.4.4	Borovice lesní ( <i>Pinus sylvestris</i> ).....	43
2.4.5	Borovice těžká ( <i>Pinus ponderosa</i> ).....	44
2.4.6	Douglaska tisolista ( <i>Pseudotsuga glauca</i> ).....	44
2.4.7	Jedle cilicijská ( <i>Abies cilicica</i> ).....	45
2.4.8	Modřín japonský ( <i>Larix kaempferi</i> ).....	45
2.4.9	Modřín opadavý ( <i>Larix decidua</i> ).....	46
2.4.10	Smrk pichlavý ( <i>Picea pungens</i> ).....	46
2.4.11	Smrk sivý ( <i>Picea glauca</i> ).....	47
2.4.12	Tis červený ( <i>Taxus baccata</i> ).....	47
2.5	Klíč k určování jehličnanů podle anatomických znaků na řezech jehlicemi ..	48
2.6	Nákresy tvarů řezů .....	50
	Diskuse .....	51
	Závěr.....	53
	Použitá literatura.....	54



## Úvod a cíle bakalářské práce

Při výuce biologie (přírodopisu) na základních a středních školách se v dnešní době často zapomíná na praktický aspekt výuky. Teoretická výuka je rozhodně důležitou a nedílnou součástí biologie, ale vidět “naživo” studované objekty, ať už jsou to rostliny, živočichové, horniny, nerosty, či jiné živé nebo neživé přírodniny, je stejně důležité jako jejich teoretická znalost.

Praktická výuka biologie přitom není ani zdaleka tak nedostupná nebo složitá jako to je u jiných předmětů. Botanická cvičení v terénu nejsou ani sezónně omezená, jak by mohl někdo namítat. V této práci bych chtěla navrhnout a demonstrovat způsob, jak je možné převést výuku botaniky do praxe i za špatného počasí, či dokonce i v zimě.

Olomouc je univerzitní město. A zároveň je to jedno z největších měst v České republice. A je přirozené, že v tak velkém městě se nachází i mnoho základních škol, středních odborných škol, gymnázií, lyceí atp. Přítomnost univerzitní botanické zahrady mohou využít pro načerpání vědomostí jak studenti univerzity, tak i žáci vysokých a středních škol v Olomouci i okolí. Proto jsem se v této práci rozhodla navrhnout způsob, jak využít botanickou zahradu UP pro didaktické využití zejména na středních školách.

Cíle bakalářské práce:

- Vypracování literární rešerše na zadané téma s důrazem na druhy jehličnanů rostoucích v botanické zahradě UP.
- Zhotovení řezů listy jednotlivých druhů jehličnanů rostoucích v botanické zahradě UP.
- Vytvoření obrazové a fotografické dokumentace vybraných příčných řezů listy jehličnanů, včetně popisu pozorovaných anatomických struktur.
- Didaktické zpracování tématu – vytvoření určovacího klíče jehličnanů na základě anatomických znaků na listech.

# 1 Teoretická část s přehledem literatury

## 1.1 Botanická zahrada UP

### 1.1.1 Historie botanické zahrady

První zmínky o Olomoucké botanické zahradě se datují do roku 1787, kdy se o založení botanické zahrady v našem městě snažilo Olomoucké lyceum. Zanedlouho se podařilo zřídit zahradu v prostorách dominikánského kláštera, která sloužila zejména pro potřeby výuky ve zdejším medicínsko-chirurgickém učilišti, jež bylo součástí univerzity. V roce 1872 ale došlo ke zrušení univerzity i učiliště, což mělo za následek i zánik botanické zahrady v prostorách kláštera v roce 1874.

Botanická zahrada na místě, na kterém se nachází dnes se začala budovat v roce 1901 díky činnosti Botanického spolku, jenž vznikl o pár let dříve. O vybudování zahrady se zasloužil zejména místní lékárník Edmund Tum a městský zahradník Karel Pohl. V následujících letech zde byl postupně vybudován skleník, domek pro zahradníka i bazény pro vodní rostliny. Další významný podíl na rozšíření zahrady měl zejména A. Heske, místní odborný učitel. Zasluhou spolku byl už v roce 1913 vydán vůbec první průvodce botanickou zahradou obsahující seznam veškerých druhů pěstovaných v zahradě. Autorství průvodce náleží H. Lausovi a K. Zelenkovi.

První a druhou světovou válku přečkala zahrada bez velkých změn a v roce 1948 ji botanický spolek předal městu. Zahrada nezůstala v rukou města dlouho, hned v roce 1956 byla její většinová část převedena pod správu Fakulty přírodních věd Vysoké školy pedagogické v Olomouci. Přičiněním vedoucího tohoto ústavu prof. Dr. O. Mrkose se zahrada mohla dál rozvíjet a vzkvétat. Kolem roku 1957 byla část zahrady přebudována a vznikla záhonová část s chodníčky.

Již o rok později byl ale ústav Vysoké školy pedagogické zrušen a její fakulty se staly součástí Univerzity Palackého. Dne 1. září 1959 byla založena Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci a tímto dnem se botanická zahrada stala její součástí, konkrétně součástí katedry botaniky (Lebeda & Křístková 2008, 2–4).

### 1.1.2 Botanická zahrada tak, jak ji známe dnes

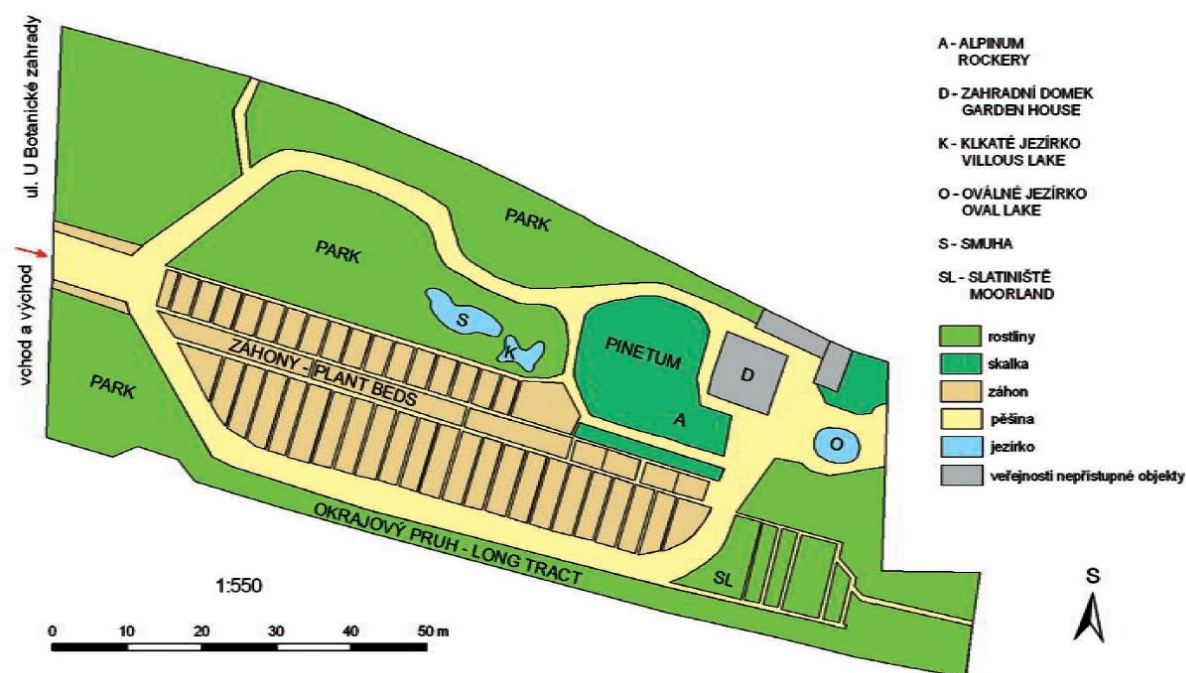
V současné době se zahrada soustředí hlavně na praktickou výuku studentů Univerzity Palackého v Olomouci. Mimo to se zabývá i různými programy pro vzdělávání žáků a studentů

základních i středních škol. Zahrada je taktéž volně přístupná veřejnosti a poskytuje prostor pro odpočinek, relaxaci i bližší poznávání rostlin. Pracovníci zahrady a katedry botaniky PřF UP v Olomouci v případě zájmu poskytují veřejnosti také konzultace v oblasti pěstování a ochrany rostlin v České republice, což zahrnuje i průvodcovskou činnost v prostorách zahrady.

Zaměstnanci zahrady i katedry botaniky UP se rovněž podílí na vědeckých a výzkumných projektech a taktéž jejich pole působnosti zahrnuje i oblast uchovávání genofondu kulturních a planě rostoucích rostlin. Zahrada je rovněž zakládajícím členem Unie botanických zahrad v České republice, která vznikla v roce 2005 (Lebeda & Křístková 2008, 4).

### 1.1.3 Funkční členění botanické zahrady

Uspořádání zahrady je vidět na přiloženém plánu. Zahrada se dělí na parkovou část, okrajový pruh, pravidelné záhony, Pinetum a Alpinum, vodní plochy a slatiniště (Lebeda & Křístková 2008, 4–8). Součástí zahrady je rovněž i venkovní posluchárna (Lebeda *et al.* 2013, 8) a již zmiňovaný zahradní domek určený pro potřeby zahradníka. Také se v něm nachází zázemí pro možnou výuku spojenou se zahradou. Domek svou osobitou architekturou vévodí východní části zahrady (Lebeda & Křístková 2008, 4–8).



Obrázek 1: Schematický plán botanické zahrady (Lebeda *et al.* 2013, 33)

Parková část se pyšní vzrostlými cizokrajnými i domácími dřevinami a zahrnuje i hustý travní podrost. Na jaře, když ještě stromy ani keře nejsou plně olistěny, vykvétá v tomto podrostu hojné množství jarních efemerů. Dominantu parkové části tvoří mohutný dub letní

(*Quercus robur*), pravděpodobně nejstarší strom této zahrady, jehož stáří se odhaduje na 130 let. Tento majestátní dub roste na rozhraní mezi parkovou a záhonovou částí zahrady.

V parkové části roste mnoho cenných exemplářů. Za zmínku stojí například douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii*), modřín japonský (*Larix kaempferi*), rakytník řešetlákový (*Hippophaë rhamnoides*) nebo například v jarních měsících nejen krásně kvetoucí, ale i omamně vonící kultivar šeříku obecného (*Syringa vulgaris*) (Lebeda & Křístková 2008, 4).

Hranici mezi jižní stranou zahrady a přilehlou železniční tratí tvoří okrajový pruh. Tato část byla osázena stromy a keři menšího vzrůstu. Z rostlin rostoucích v tomto pásu zmíním například zanici potoční (*Diervilla rivularis*), mikrobiotu křížolistou (*Microbiota decussata*) nebo třeba zimolez modrý (*Lonicera coerulea*). Zahradu v tomto místě ohraničuje plot, který vytváří vhodnou oporu pro popínavé rostliny rodu plamének (*Clematis*) a ostružník (*Rubus*). Popínají se zde rovněž rostliny akébie pětičetná (*Akebia quinata*) nebo réva fíkolistá (*Vitis ficifolia*) (Lebeda & Křístková 2008, 4).

Ve středové části se nachází pravidelně uspořádané záhony, kde rostou jak dřeviny, tak i vytrvalé byliny. Záhony byly původně určené pro názornou výuku botaniky a pěstitelství, v dnešní době spíše slouží k pěstování sazenic rostlin, které jsou pak přesazovány na vhodná stanoviště v rámci celé zahrady (Lebeda & Křístková 2008, 6).

Nedaleko od zahradního domku je situovaná nepochybně návštěvníky nejobdivovanější část a tou je Pinetum honosící se vzrostlými exempláři borovice lesní (*Pinus sylvestris*), douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii*) a kryptomerie japonské (*Cryptomeria japonica*). Na Pinetum z jižní strany přirozeně navazuje Alpinum. Tato část je původní a nachází se zde už téměř od založení zahrady. Alpinum má podobu skalky (Lebeda & Křístková 2008, 6).

Zahrada disponuje hned několika místy určenými pro pěstování vodních rostlin. Prvním z nich je Klkaté jezírko, které poskytuje útočiště pro mnoho velmi botanicky vzácných druhů. V létě ale většinu těchto vzácných rostlin zastíní půvabné květy cizokrajné invazivní tokozelky nadmuté (*Eichhornia crassipes*), jež je více známá pod názvem vodní hyacint.

Nedaleko od Klkatého jezírka je další vodní plocha pro rostliny, zvaná Smuha, zbudovaná v roce 2003. Smuha je unikátní model simulující slepé říční rameno Litovelského Pomoraví s velkým množstvím našich vodních a vlhkomilných rostlin a návštěvníkům tak zprostředkovává malou exkurzi přímo do této chráněné krajinné oblasti.

V blízkosti zahradního domku se nachází i Oválné jezírko. Dominantou této vodní plochy je velmi hojně rozrostlý a v přírodě velmi vzácný plavín leknínovitý (*Nymphoides*

*peltata*). Kromě dalších domácích druhů rostlin, rostoucích v Oválném jezírku, tam můžeme najít i zajímavé rostliny pocházející z Ameriky jako je kapsovec kamčatský (*Lysichiton camtschaticum*) a kapsovec americký (*Lysichiton americanus*) (Lebeda & Křístková 2008, 6).

Slatiniště je nepochybně jedno z nejcennějších stanovišť v celé zahradě. Už od roku 1994 je zde systematicky shromažďována květena slatinných mokřadů, která je na našem území vážně ohrožená. Rostou zde i mléč bahenní (*Sonchus palustris*) a přeslička různobarvá (*Hippochaete variegata*), které jsou dnes už v České republice vyhynulé (Lebeda & Křístková 2008, 8).

Jako doplněk výuky byla zbudována i takzvaná venkovní posluchárna. Toto místo i s přilehlou skalkou vzniklo v roce 2009. Posluchárna je situována na příjemném stinném místě „pod ořešákem“. Kolem stromu je oblouk půlkruhově uspořádaných laviček pro usazení studentů. Země v prostoru posluchárny je vydlážděna břidlicí stejně jako přilehlá skalka.

Skalka slouží jako místo pro pokusné aklimatizace druhů pocházejících z balkánských hor i alpských oblastí Turecka, Patagonie, Kavkazu a dalších klimaticky podobných regionů. Mezi druhy rostoucí na skalce, které by neměly uniknout pozornosti návštěvníka, patří muškát turecký (*Pelargonium endlicherianum*) nebo třeba degenie velebitská (*Degenia velebitica*) vyskytující se pouze na třech stanovištích v Chorvatsku. Z botanického hlediska je asi nejzajímavější sbírka rodu modroušek (*Edraianthus*) a koniklec (*Pulsatilla*) (Lebeda *et al.* 2013, 8).

#### 1.1.4 Zajímavé kolekce rostlin

V zahradě se nachází mnoho vzácných sbírek rostlin. Mezi ně patří například květena severoamerických prérií, do které patří například hvězdnice hladká (*Aster laevis*) nebo rostliny rodu pupalka (*Oenothera*). Pro nás asi mnohem cennější je sbírka ohrožených druhů České republiky. Jako příklad lze uvést ostřici žitnou (*Carex secalina*) nebo třemdavu bílou (*Dictamnus albus*).

Vzhledem k omezené ploše zahrady je velmi překvapivá další velká sbírka rostlin. Jsou to dřeviny, kterých roste v zahradě více než 250. V celém areálu můžeme vidět stromy a keře z různých koutů světa, jde o Severní Ameriku, Balkánský poloostrov nebo východní Asii včetně Japonska. Asi nejzajímavější zástupce z tuzemských dřevin je bříza nízká (*Betula humilis*) pamatující ještě poslední dobu ledovou. Za zmínku stojí i velmi ohrožená vrba šedá (*Salix elaeagnos*) rostoucí v České republice pouze v podhůří Moravskoslezských Beskyd.

V neposlední řadě jsou tu i nenápadné, ale neméně důležité sbírky. Jsou to sbírky trav a trávových rostlin a sbírka mechorostů. Zástupci těchto sbírek jsou roztroušeně pěstovány po celém areálu a zejména mechorostů není v té velké konkurenci vůbec jednoduché si všimnout. Po předchozí domluvě je ovšem možné si je pod odborným dohledem prohlédnout i pod mikroskopem.

K botanické zahradě patří i sbírkové skleníky nacházející se v areálu Biocentra Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Zde jsou shromážděny specializované kolekce masožravých, sukulentních, tropických i subtropických rostlin (Lebeda *et al.* 2013, 10–16).

## 1.2 Obecná charakteristika jehličnanů

Termín jehličnany (*Pinopsida*) zahrnuje nahosemenné stromy a keře (*Gymnospermae*), jejichž asimilační orgány (listy) mají charakteristickou podobu jehlic. Řada dřevin, které také řadíme do této skupiny, mají listy i jiných tvarů (např. šupinovitý tvar listů u čeledi cypřišovitých – *Cupressaceae*) (Úradníček 2003, 6).

Nahosemenné rostliny a tedy i všechny jehličnany nemají svá semena skryta v semeníku jako krytosemenné rostliny (*Angiospermae*), ale mají semena umístěna volně na semenných šupinách šištic (strobilů) (Úradníček 2003, 6).

Jehličnany jsou velmi stará skupina. Nejstarší fosilní nálezy pocházejí z druhé poloviny prvohor, ačkoliv největší rozmach zažily na počátku druhohor. Později v druhohorách však došlo k bouřlivému vývoji krytosemenných rostlin, což vedlo k ústupu jehličnanů zejména z teplejších oblastí (Stewart & Rothwell 1987). Zajímavé ovšem je, že některé druhy jehličnanů (např. některé borovice – *Pinus*, nebo jalovce – *Juniperus*) se globálně rozšířily až společně s krytosemennými rostlinami (Boyce & Leslie 2012). Dále v druhohorách a třetihorách se však dařilo jehličnanům zejména v chladnějších oblastech (Stewart & Rothwell 1987). Mezi jehličnatými stromy bychom mohli hledat velmi dlouho žijící zástupce. Nejstarším dosud žijícím jedincem je nejspíš borovice dlouhověká (*Pinus longaeva*), rostoucí ve východní Nevadě v USA, jejíž věk se odhaduje až na pět tisíc let (Taylor 2009, 805).

Nejčastěji se všechny jehličnany řadí do 8 čeledí: borovicovité (*Pinaceae*), cypřišovitě (*Cupressaceae*), tisovcovité (*Taxodiaceae*), araukariovité (*Araucariaceae*), hlavotisovité (*Cephalotaxaceae*), nohoplodovité (*Podocarpaceae*) a tisovité (*Taxaceae*) (Úradníček 2003, 6).

Systematické členění jehličnanů s přihlédnutím k analýzám DNA, zahrnující možné mezidruhové vztahy přináší publikace A Handbook of the World's Conifers (Farjon 2010).

Dá se říct, že jehličnany jsou až na výjimky vždyzelené stromy nebo keře. Opadávají pouze zástupci rodu modřín (*Larix*), pamodřín (*Pseudolarix*), *Metasequoia*, *Glyptostrobus* a některé tisovce (*Taxodium*) (Úradníček 2003, 6).

Na celé planetě existuje dohromady asi 65 rodů jehličnanů, které zahrnují kolem 600 druhů. V České republice se přirozeně vyskytuje 9 druhů z 6 rodů (Úradníček 2003, 7).

### 1.3 Stavba rostlinných orgánů – rostlinná pletiva

Podobně jako u jiných skupin rostlin můžeme tělo jehličnanů rozdělit na nadzemní část (prýt) a podzemní část (kořen). Nadzemní část jakékoliv rostliny lze rozdělit na stonek a list. Součástí nadzemní části jsou ještě orgány generativní. V případě jehličnanů generativními orgány rozumíme samčí nebo samičí šištice (strobily). Samčí gametofyt představuje klíčící pylová láčka a samičí gametofyt primární endosperm.

Jednotlivé vegetativní orgány nebo jejich části slouží rostlinám k různým funkcím a tomu odpovídá i jejich pletivová stavba. Pletiva dělíme na trvalá a dělivá (meristémy). Trvalá pletiva dále dělíme na pletiva jednoduchá (parenchym, kolenchym, sklerenchym), pletiva krycí (primární a sekundární) a pletiva vodivá (primární a sekundární floém i xylém) (Votrubová 2010, 71).

#### 1.3.1 Jednoduchá pletiva

Všechny typy jednoduchých pletiv jsou tvořeny jedním druhem buněk a liší se od sebe především charakterem buněčné stěny, s čímž souvisí jejich funkce v rostlinném organismu.

Parenchym je složen z buněk s tenkou buněčnou stěnou a vyznačují se tím, že obsahují po celou dobu své existence živý protoplast. Ze všech trvalých pletiv jsou buňky parenchymu nejméně specializované a v důsledku toho mají také nejširší pole působnosti v rostlinách. Parenchym nacházející se v listech (u některých rostlin i dalších zelených částech) je pletivem fotosyntetickým. Parenchym v kořenech, semenech, plodech atd. je pletivem zásobním. Parenchym může mít i mechanickou a opornou funkci. Díky turgoru mohou buňky tohoto pletiva přispívat k udržení tvaru některých orgánů (např. listů). Všechna dělivá pletiva (meristémy) jsou tvořena parenchymatickými buňkami. Buňky parenchymu mohou v omezené míře zajišťovat i transport látek díky propojení parenchymatických buněk pomocí

plasmodesmů. Parenchymatické buňky také mohou sloužit k sekreci látek, především různých druhů sekundární metabolitů, které se pak nejčastěji ukládají do mezibuněčných prostor (Votrubová 2010, 79–82).

Kolenchymatické buňky se vyznačují tím, že mají nerovnoměrně ztloustlou buněčnou stěnu. Stavba ztloustlých částí je stejná jako stavba primární stěny, buňky jsou pevnější, ale pořád pružné. Hlavní funkce kolenchymu je mechanická, ale může mít i fotosyntetickou funkci. Tento typ pletiva se nachází pouze v primární stavbě rostlinného těla a zejména u dvouděložných rostlin, méně pak u jednoděložných. U jehličnanů se tyto buňky v podstatě nevyskytují (Votrubová 2010, 82–83).

Sklerenchymatické buňky mají sekundární buněčnou stěnu, která je rovnoměrně ztloustlá a v mnoha případech lignifikovaná. Protoplast těchto buněk často odumírá. Sklerenchym má hlavně funkci mechanickou a může být součástí vodivých i krycích pletiv. Buňky tohoto pletiva mohou mít protáhlý tvar (sklerenchymatická vlákna) nebo mohou vytvářet sklereidy různého tvaru (Votrubová 2010, 83–84).

### 1.3.2 Pletiva krycí

Krycí pletiva tvoří rozhraní mezi rostlinou a vnějším prostředím. Jejich hlavní funkcí je protekce rostlinných orgánů před nepříznivými vnějšími biogenními a abiogenními vlivy, důležitá je však i její druhá funkce, a to zprostředkování komunikace rostliny s okolím.

Primárním krycím pletivem rozumíme pokožku primárního rostlinného těla (epidermis i rhizodermis) vznikající z primárního meristému protodermu vytvořeného z apikálního meristému prýtu (epidermis) nebo kořene (rhizodermis). U částí rostlin druhotně netloustnoucích je přítomna pokožka po celý život organismu. Součástí pokožky jsou i různé krycí deriváty např. trichomy. Komunikaci mezi rostlinou a okolím (především příjem CO<sub>2</sub> a transpirace) zajišťují průduchy umístěné v pokožce prýtu, výjimečně i v pokožce kořene (Votrubová 2010, 85).

Sekundární krycí pletivo je přítomno u částí rostlin, které druhotně tloustnou. Sekundárním krycím pletivem je periderm nahrazující pokožku, jehož mrtvé buňky pak tvoří borku. Periderm vzniká činností laterálního sekundárního meristému felogénu. Ve stonku vzniká felogén nejčastěji v některé z povrchových vrstev primární kůry (Votrubová 2010, 146).



### 1.3.3 Pletiva vodivá

Jedná se o vysoce specializovaný, souvislý soubor buněk uzpůsobený k transportu látek do různých částí rostliny. Důležitá jsou především u rostlin stromového a keřového vzrůstu, kde dochází k překonávání velkých vzdáleností pro zásobování celé rostliny vodou, minerálními látkami a asimiláty.

Vodivá pletiva sestávají ze dvou hlavních částí – xylém (z řeckého xylon, dřevo) a floém (z řeckého phloios, lýko). Xylém i floém se dále dělí na primární a sekundární. Primární rostlinné tělo obsahuje pouze primární vodivá pletiva. Sekundární rostlinné tělo obsahuje jak vodivá pletiva primární, tak sekundární. Sekundární xylém a floém vznikají z laterálního (bočního) meristému kambia, které vzniká poté, co orgán přestane růst do délky (Votrubová 2010, 95).

#### 1.3.3.1 Xylém

Hlavní funkcí xylému (dřevní části) je vést vodu a minerální látky směrem od kořene do nadzemních částí rostliny – transpirační proud (Vinter 2009, 23). Kromě transportu vody a v ní rozpuštěných anorganických sloučenin slouží xylém také k transportu velmi malého množství organických látek, které vznikají už v kořeni (např. aminokyselin nebo fytohormonů). Xylém slouží významně i jako mechanická opora rostlinného organismu a taktéž může sloužit jako zásobárna vody a rezervních látek (Votrubová 2010, 96).

Buňky utvářející vlastní vodivé dráhy nazýváme vodivé elementy. Jehličnany mají pouze méně vyvinuté cévice (tracheidy), zatímco krytosemenné rostliny mají tracheidy i cévy (tracheje). Tracheidy chápeme jako dlouhé, na konci zašpičatělé nebo dlátovité buňky, jež jsou uloženy paralelně vedle sebe tak, že se jejich konce překrývají. Transport skrz cévice neprobíhá přímo, jelikož jejich konce nejsou perforované. Voda musí při transportu překonávat buněčnou stěnu v oblastech, kde se buňky stýkají ztenčenými primárními částmi stěn.

Tracheidy, ale i tracheje jsou v období zralosti duté, bez protoplastu a jejich stěny jsou sekundárně lignifikované (Lux 2017, 146–148). Vyztužení ligninem není v celém povrchu buněk, ale pouze v určité části podle různých vzorů (ztloustnutí může být např. kruhovitě, šroubovitě, síťovité, schodovité nebo dvůrkaté). Jelikož jsou dospělé cévice bez protoplastu, můžeme transport skrz ně považovat za apoplastický (Votrubová 2010, 97).

#### 1.3.3.2 Floém

Funkce floému (lýkové části) je rozvádět asimiláty do míst upotřebení nebo uložení (sink). Zatímco směr transportu trachejí xylému je jednoduchý, proud vody a minerálních látek jde od kořenů do nadzemních orgánů rostliny, tedy vzestupně, nedá se říct, že by transport

asimilátu floémem proudil pouze sestupně. Asimiláty proudí všude tam, kde je jich zapotřebí, tedy do květů, plodů, kořenů, ale například i do mladých listů, které ještě nejsou schopné si fotosyntézou vytvořit dostatek živin pro vlastní potřebu. Jakékoliv místo, kam putují asimiláty se nazývá sink (výraz je převzat z angličtiny, kde sink = odtok, odpad). Zdroj asimilátů představují především listy, ale mohou to být i jiné zelené části rostliny (Vinter 2009, 24).

Buňky tvořící vodivou floémovou dráhu se nazývají sítkové elementy. V protikladu k cévním elementům jsou ty sítkové živé, obsahují protoplast, a svůj název získaly od struktury, jež je propojuje. Buňky jsou totiž navzájem spojené cytoplazmatickými provazci, které procházejí četnými póry v buněčných stěnách připomínající sítko (Votrubová 2010, 102).

Podobně jako u xylému (cévy a cévice), i u floému se setkáváme s dvěma evolučně různě pokročilými typy sítkových elementů. Pro nás důležité jehličnany (a ostatní nahosemenné rostliny) disponují méně vyvinutými sítkovými buňkami, zatímco krytosemenné rostliny mají sítkovice. Tvarově se sítkové buňky v mnohém podobají cévicím. Taktéž jsou to dlouhé zašpicatělé buňky bez přesně definovaného konce, umístěné paralelně od sebe, takže jejich transport není přímý. Sítková políčka sítkových buněk jsou rozmístěna rovnoměrně po celém povrchu buněk (Votrubová 2010, 102).

Vzhledem k tomu, že asimiláty proudí skrz protoplast živých sítkových elementů, považujeme ho za symplastický. Pohyb látek floémem je často také označován jako asimilační proud (Vinter 2009, 25).

## 1.4 Anatomická a morfologická struktura vegetativních orgánů jehličnanů

Mezi základní vegetativní orgány rostlin řadíme kořen, stonek a list. Tyto struktury zajišťují základní pro život nezbytné funkce jako je příjem, rozvod a zpracování živin, výroba. rozvod a hromadění asimilátů a také tvorba generativních orgánů (Votrubová 2010, 109). Charakteristiku vegetativních orgánů také přehledně popisuje Mauseth ve své publikaci *Plant Anatomy* (2008).

### 1.4.1 Kořen

Kořen (*radix*) je vegetativní, zpravidla podzemní, heterotrofní, vždy bezlistý, nečlánkovaný orgán sporofytu cévnatých rostlin. Hlavní funkcí kořene je především příjem vody a v ní rozpuštěných minerálních látek a ukotvení rostliny v půdě. Kořen představuje také významné metabolické centrum (např. syntéza aminokyselin, fytohormonů, kyseliny abscisové atd.). V zimním období je kořen hlavním zásobním centrem rostliny (Vinter 2009, 13).

Pro příjem látek a vody z půdy je důležitý velký absorpční povrch kořenového systému, kvůli malé koncentraci některých látek i vody v půdě. Proto je důležitý neomezený růst kořene (umožňují apikální meristémy), který zabezpečuje dostatek vody a živin i po jejich vyčerpání v určitém místě (Votrubová 2010, 109).

Z morfologického pohledu můžeme kořeny jehličnanů rozlišit podle několika kritérií. Jehličnany dělíme podle hloubky prorůstání kořenového systému do půdy na hlubokokořenné, jimiž jsou např. jedle (*Abies*) nebo modřín (*Larix*), a mělkokořenné, jimiž jsou např. smrky (*Picea*) nebo borovice kleč (*Pinus mugo*). Toto dělení závisí především na druhové příslušnosti a ekologických podmínkách prostředí – vlastnosti půdy, výška hladiny spodní vody atd. (Vinter & Macháčková 2013, 15).

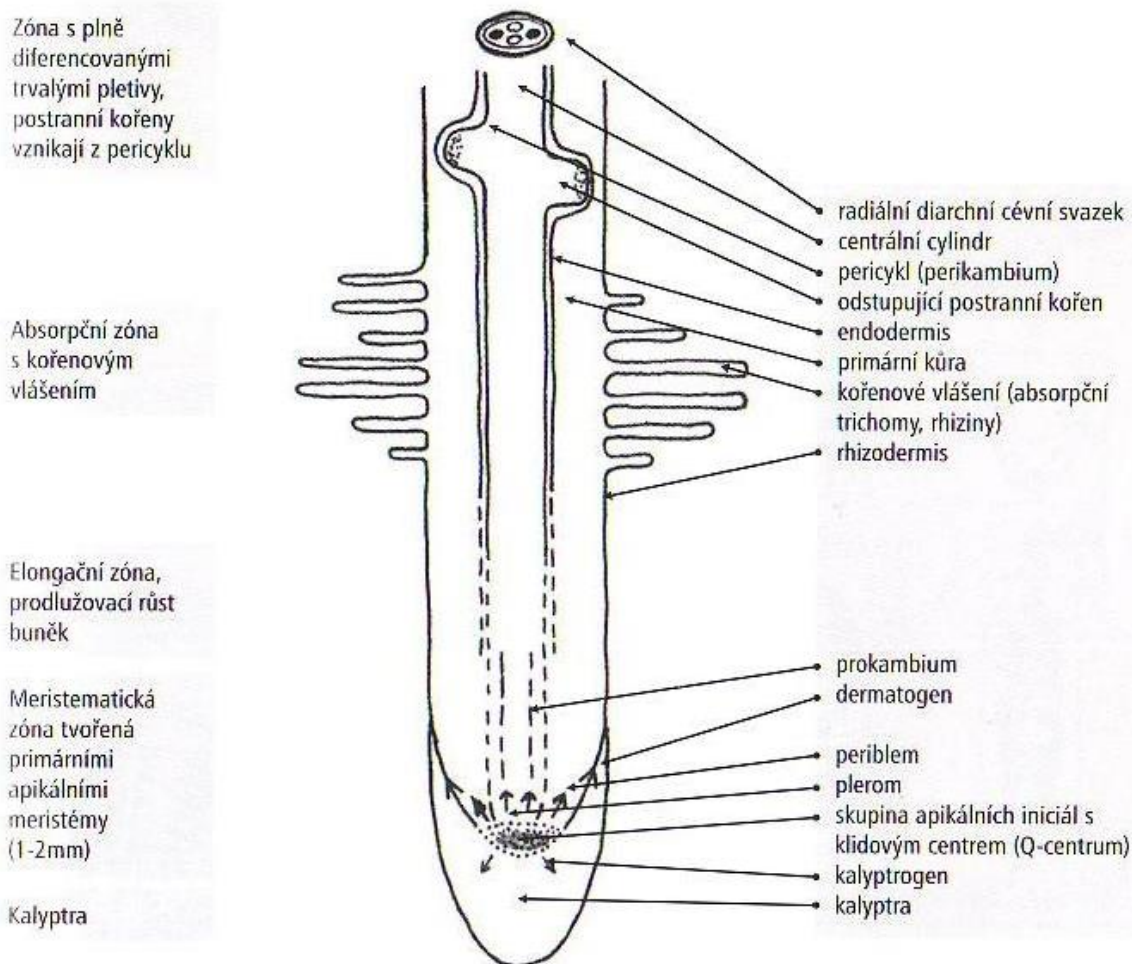
Další morfologické dělení spočívá v různých tvarech kořenů. Kořenovou soustavu rozlišujeme na kořen hlavní (u jehličnanů většinou kulový), jímž pokračuje nadzemní část rostliny do půdy a kořeny vedlejší vyrůstající z hlavního kořene. Na koncích vedlejších kořenů z nich vyrůstá drobné kořenové vlášení, které výrazně zvyšuje absorpční povrch kořenové soustavy (Hieke 2008, 7).

U různých typů rostlin obecně se vyvinulo mnoho morfologických, anatomických nebo i fyziologických adaptací zapříčiňujících jiné funkce než primární. Výrazné strukturní adaptace označujeme jako metamorfózy kořene (Vinter & Macháčková 2013, 16). V případě jehličnanů vyskytujících se v močálech nebo přímo rostoucích v mělkých vodách (např. rod *Taxodium*) se může vyskytovat typ dýchacích kořenů – pneumatofory dosahující výšky až 1 m (Hieke 2008, 7).

Vnitřní stavba kořene je podobná vnitřní stavbě stonku, ale je jednodušší. Postranní kořeny se zakládají endogenně (v hlubších vrstvách kořene – nejčastěji z pericyklu) a poměrně daleko od kořenového vrcholu. Vrchol kořene kryje kořenová čepička chránící především apikální meristém kořene zajišťující neukončený růst. Na podélném řezu kořene rozlišujeme koncovou zónu (kořenová čepička), dělivou zónu (meristémy), prodlužovací zónu (prodlužování buněk ve směru podélného růstu), diferenciací zónu (buňky se diferencují) a zónu větvení (vyrůstání postranních kořenů) (Votrubová 2010, 111–112).

Z anatomického pohledu sestává na příčném řezu kořen jehličnatých rostlin z několika vrstev. V primární stavbě se kořen skládá z rhizodermis (primárního krycího pletiva), primární kůry a středního válce, kde jsou umístěny vodivá pletiva (primární xylém a primární floém) vytvářející radiální cévní svazek (Vinter 2009, 35).

Primární kůra se nachází pod pokožkou a sestává ze tří vrstev exodermis (většinou jednovrstevná, pokud je sklerotizovaná bývá označována jako hypodermis), mezodermis (vícevrstevná, většinou složená z parenchymatických buněk a slouží jako zásobní pletivo) a endodermis (většinou jednovrstevná, tvoří bariéru proti pronikání škodlivin do středního válce) (Vinter 2009, 35).



Obrázek 2: Schéma podélného řezu kořenem s vyznačenými kořenovými zónami (Vinter 2009, 99)

Střední válec odděluje od primární kůry jedna vrstva parenchymatických buněk – pericykl. Ten je významný hlavně kvůli tomu, že se v něm zakládají postranní kořeny. V úplném středu kořene se nachází radiální cévní svazek (Vinter 2009, 36). Charakteristické rozmístění cévních svazků závisí na typu rostliny i na daném rostlinném orgánu popisuje stelární teorie, která hovoří o různých typech stélé. Pro kořen v jeho primární stavbě je u všech nahosemenných i krytosemenných rostlin typické aktinostélé (radiální cévní svazek) (Vinter 2009, 25).

Aktinostélé je složeno z primárního xylému a floému, ty se nadále ještě rozlišují na odstředivě položený protoxylém, respektive profloém a dostředivě uložený metaxylém, respektive metafloém (Vinter 2009, 37).

Kořeny, stejně jako stonky všech jehličnanů sekundárně tloustnou (jehličnany jsou stromy nebo keře, bylinné formy nejsou známe). Kambium produkuje odstředivě (centrifugálně) sekundární lýko (deuterofloém) a dostředivě (centripetálně) sekundární dřevo (deuteroxylém) (Vinter 2009, 16). Aktinostélé se tak při přechodu do sekundární struktury mění na pseudoeustélé (exarchní eustélé) (Vinter 2009, 37). Činností felogenu vzniká sekundární kůra (peridermis, periderm), jež nahrazuje primární krycí pletivo (epidermis). Felogen produkuje centrifugálně vrstvy korku (felem, suberoderm) a centripetálně vrstvy zelené kůry (feloderm) (Vinter 2009, 17).

#### 1.4.2 Stonek

Stonek (caulis, caulom) je zpravidla nadzemní, článkovaný, osový rostlinný orgán, nesoucí listy a reprodukční orgány (s nimiž vytváří prýt – frons). Větve stonku se na rozdíl od kořene zakládají exogenně (Vinter & Macháčková 2013, 21).

Morfologie stonku je složitější než u kořene. Rozlišujeme u něj nody (uzliny – místo, kde se stonek větví a mohou zde vyrůstat listy a generativní orgány) a internodia (články). Některé dřeviny mají dva různé typy větví (z jehličnanů např. modřín – *Larix*) – makroblasty (auxiblasty) a brachyblasty. Makroblasty jsou běžné větve s nezkrácenými internodii a brachyblasty mají výrazně zkrácená internodia většinou jsou na nich nahromaděné listy a reprodukční orgány. Existuje několik způsobů větvení stonků. Většina jehličnanů se větví holoblasticky (větve vznikají po stranách růstového vrcholu, laterálně, z periferních meristémů) a monopodiálně (vedlejší větve nepřerůstají hlavní stonek) (Vinter & Macháčková 2013, 22–23).

Primární anatomická stavba stonku na příčném řezu je podobná stavbě kořene. Stonek je krytý primárním krycím pletivem – epidermis, následuje primární kůra stonku a uprostřed se nachází střední válec (Vinter 2009, 39).

Primární kůra se dále dělí na hypodermis (tvořena nejčastěji kolenchymatickými buňkami, má hlavně mechanickou funkci), mezodermis (tvořena parenchymatickými buňkami, které mohou mít různé funkce, ale většinou jsou hlavně zásobním pletivem) a endodermis (vnitřní vrstva primární kůry obklopující střední válec). Střední válec je tvořen parenchymatickými buňkami, kterými prorůstají cévní svazky. Uspořádání cévních svazků u

různých rostlin popisuje stelární teorie (Vinter 2009, 39–40). Pro jehličnany je typické eustélé (Vinter 2009, 42).

Stonek všech jehličnanů sekundárně tloustne činností kambia a felogenu stejně jako u kořene. Takto druhotně ztloustlý stonek u stromů či keřů se nazývá kmen. Činností kambia vzniká deuteroxylém a deuterofloém a činností felogenu vzniká korek a zelená kůra. Korek, felogen a zelená kůra vytvářejí peridermis. Odumřelé vrstvy peridermis (v mladších stoncích i zbytky primárních pletiv) vytvářejí borku (rhytidoma) (Vinter 2009, 41).

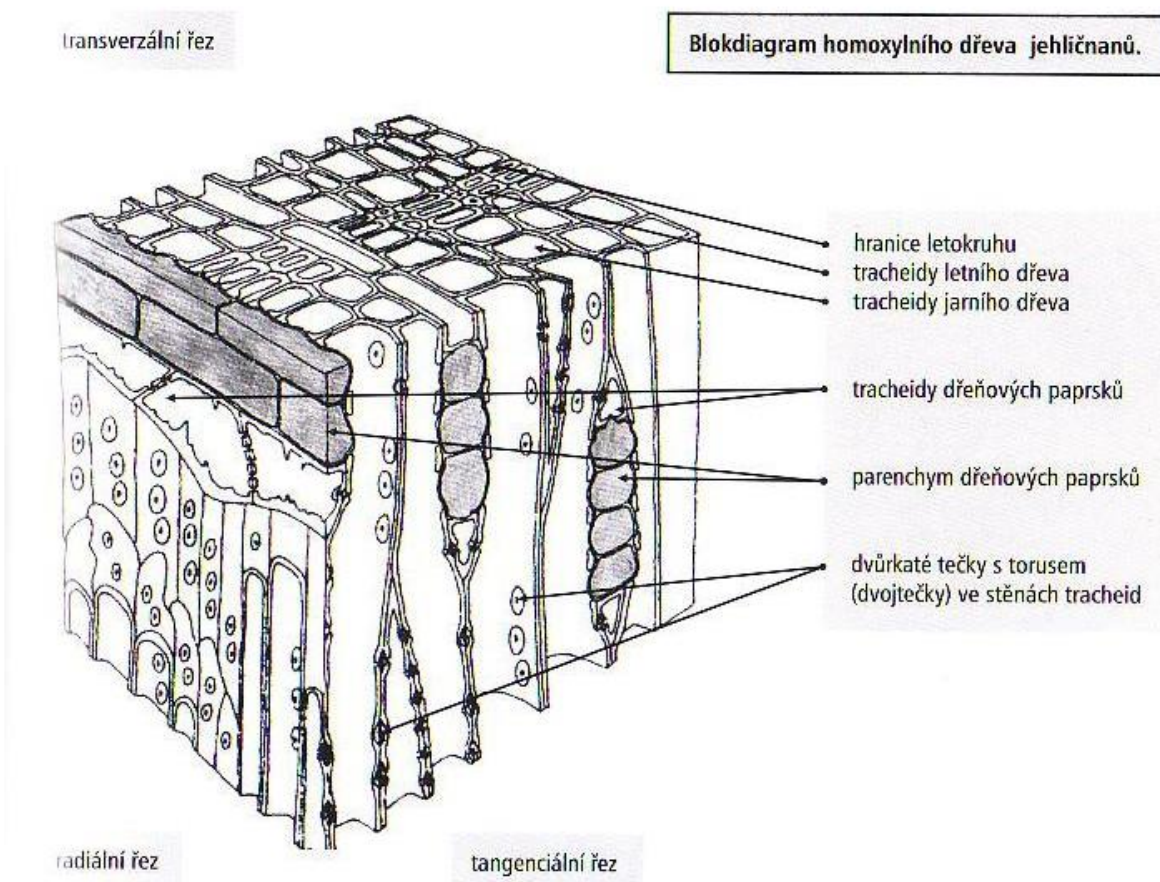
#### 1.4.2.1 Dřevo jehličnanů

Užitné dřevo, které se ve velkém průmyslově zpracovává je vlastně vyztužené (lignifikované) sekundární vodivé pletivo (deuteroxylém) (Vinter 2009, 41). Na příčném řezu kmenem stromu jsou u většiny jehličnanů okem viditelné letokruhy (přírůstky dřeva za jedno vegetační období). Hranice mezi letokruhy je zřetelná, protože tzv. jarní dřevo (produkované na začátku vegetační sezóny) má jinou strukturu, než dřevo produkované na konci vegetačního období – tzv. pozdní či letní dřevo (Votrubová 2010, 150). Počet a šířka letokruhů jsou důležité ukazatele u každé rostliny, jejich studiem se zabývá dendrochronologie. Touto metodou je možné určit i stáří dřeva použitého při stavbě různých historických budov a tím i stáří budov samotných (Vinter 2009, 45).

Kmeny jehličnanů obsahují pyknoxylický typ dřeva (více vodivých a mechanických elementů, než parenchymu; objemově výrazně převažuje dřevo nad borkou). Dřevo je jednoduché, homoxylní (cévní elementy jsou pouze tracheidy, chybí libriformní sklerenchymatická vlákna). Tracheidy (cévice) jsou uspořádané v pravidelných radiálních řadách, úzké, 1 až 4 mm dlouhé, tlustostěnné. Pro umožnění transportu z jedné tracheidy do druhé se v jejich stěnách nachází dvůrkaté ztenčeniny (dvojtečky) s torusem. Nejhojnější výskyt dvůrkatých ztenčenin je v radiálních řadách cévic, kde bývají uspořádané do řad (v takovém případě se jedná o abietoidní typ tracheidy, který je pro jehličnany typický) (Vinter 2009, 42).

Kromě cévic obsahuje dřevo jehličnanů i parenchymatické buňky, ty mohou být axiálně uspořádané (ve směru podélné osy kmene), pak je nazýváme dřevní parenchym, nebo radiálně uspořádané (kolmo kolem letokruhů), pak je nazýváme dřevňové paprsky. Dřevní parenchym je však u jehličnanů málo vyvinutý a u některých zástupců zcela chybí (např. u rodu *Araucaria* nebo *Taxus*). Dřevňové paprsky bývají většinou jednořadé a 1 až 20 buněk vysoké. Oba typy parenchymatických buněk plní funkci transportní, provětrávací a zásobní (Vinter 2009, 42).

Další složkou dřeva jehličnatých stromů jsou pryskyřičné kanálky. Jejich výskyt je ovšem omezen jen na některé zástupce např. borovice (*Pinus*), smrk (*Picea*), modřín (*Larix*) nebo douglaska (*Pseudotsuga*). Ze známějších zástupců, jejichž dřevo neobsahuje pryskyřičné kanálky můžeme jmenovat např. jedli (*Abies*), jalovec (*Juniperus*), tis (*Taxus*), tisovec (*Taxodium*) nebo tsugu (*Tsuga*). Pryskyřičné kanálky mohou být umístěny vertikálně i horizontálně a vznikají schizogenně. Vnitřní povrch kanálků je tvořen žláznatou výstelkou, která může být trvale tenkostěnná a produkující pryskyřici (např. u borovice – *Pinus*) mohou brzy lignifikovat a ztratit tak svou sekreční funkci (Vinter 2009, 42).



Obrázek 3: Blokdigram homoxylního dřeva jehličnanů (Vinter 2009, 97)

Rychlost transpiračního proudu je přibližně 1 až 2 m/hod. Hydroaktivní profil tvoří 3 až 7 periferních letokruhů. Z objemového hlediska tvoří většinu hmoty dřeva tracheidy, malou část parenchym a nejmenší část pryskyřičné kanálky (Vinter 2009, 42).

### 1.4.3 List

List (fylom) je postranní, většinou plochý, zelený orgán omezeného růstu sloužící především k fotosyntetické asimilaci a transpiraci. Mimo to mohou listy plnit i další funkce, ke

kterým mohou být i morfologicky, anatomicky i fyziologicky uzpůsobeny (metamorfózy listu). Mezi takové sekundární funkce patří např. funkce ochranná, rozmnožovací, lapací, exkretční, oporná, absorpční nebo zásobní (Vinter 2009, 46).

Listy jehličnanů mají většinou jehlicovitý nebo šupinovitý tvar, výjimečně mohou být ploché, podobné listům krytosemenných rostlin (*Agathis*, *Podocarpus*) (Vinter 2009, 53). Ve většině případů neopadají po jedné vegetační sezoně, ale zůstávají na stromech čtyři až dvanáct let (Slavíková 2002, 70). Z toho důvodu jsou na jehlicích i šupinovitých listech pozorovatelné různé xeromorfní adaptace, které slouží pro překonání nepříznivých podmínek v zimním období, při nedostatku vody atd. (Vinter 2009, 53).

Mezi tyto xeromorfní adaptace můžeme zařadit silnou epidermis na povrchu listu krytou kutikulou, vnořená (submerzní) stomata (průduchy) a silnou sklerenchymatickou hypodermis nacházející se pod epidermis (Vinter 2009, 53). Stomata jsou gymnospermního typu (buněčné stěny svěracích buněk jsou lignifikované a silné, vnořené v hypodermis a umístěné v řadách, proto je jejich pohyb poměrně omezený. Jsou umístěny v řadách. Průduchy se na zimu ucpávají voskem (Vinter 2009, 50). Co se vzniku týče jsou stomata haplocheilická (dvě svěrací buňky vznikají přímým rozdělením mateřské buňky na dvě dceřinné) (Vinter 2009, 49).

Pod vrstvou epidermis a hypodermis (primární krycí pletivo) se nachází mezofyl (základní asimilační pletivo) (Vinter 2009, 47). Mezofyl může mít rozličnou stavbu. Nerozlišený mezofyl (pouze houbový parenchym), nacházející se např. u borovice (*Pinus*), je tvořen ramenovitými buňkami (buněčná stěna vytváří výběžky do nitra buněk – ramena). Rozlišený mezofyl (rozlišený na houbový a palisádový parenchym) se vyskytuje např. v listech jedle (*Abies*), tisu (*Taxus*) nebo smrku (*Picea*). S inverzně uspořádaným mezofylem se můžeme setkat např. u zeravů (*Thuja*), zeravců (*Platyclaudus*) a cypřišů (*Cupressus*). V mezofylu jsou umístěny pryskyřičné kanálky schizogenního původu, nacházející se téměř u všech jehličnanů s výjimkou tisu (*Taxus*). V některých případech jsou ohraničené sklerenchymatickou pochvou (např. borovice – *Pinus*) (Vinter 2009, 53).

Ve středu jehlic i šupinovitých listů se nachází střední válec ohraničený endodermis s Casparyho proužky. Střední válec je tvořený transfuzním pletivem s cévními svazky, popř. i sklerenchymatickými vlákny. Transfuzní pletivo tvořené parenchymatickými buňkami s dvůrkatě ztloustlými buněčnými stěnami zajišťuje rovnoměrné zásobení listu vodou a roztoky minerálních látek a převod asimilátů z místa jejich výroby (mezofylu) do sítkových buněk lýka (Vinter 2009, 53).



V jehlicích (nebo šupinovitých listech) se nachází většinou jeden kolaterální cévní svazek (jehlice haploxylní) – např. u borovice vejmutovky (*Pinus strobus*). V některých případech dochází ke větvení cévního svazku na dva (jehlice diploxylní) – např. borovice lesní (*Pinus sylvestris*) nebo borovice černá (*Pinus nigra*) (Vinter 2009, 53–54).

Anatomické znaky jako tvar na příčném řezu jehlicí, počet cévních svazků, poloha a počet pryskyřičných kanálků, přítomnost sklerenchymatické pochvy kolem pryskyřičných kanálků, počet buněk hypodermis, tvar buněk hypodermis, přítomnost sklerenchymatických vláken ve středním válci atd. jsou důležité determinační znaky (Vinter 2009, 54). Tyto determinační znaky na listech různých jehličnanů z botanické zahrady UP budou předmětem praktické části této práce.

Morfologie jehlic (listů) je rozmanitá. Jejich tvar může být čárkovitý (např. *Picea* nebo *Taxus*), jehlicovitý (např. *Pinaceae*), šupinovitý (např. *Cupressaceae*), dýkovitý (*Abies*), šídlovitý (*Juniperus*) aj. I u jehličnanů se vyskytuje heterofylie (různé tvary listů na jedné rostlině) např. u jalovce (*Juniperus*), kde můžeme pozorovat šupinovité i jehlicovité listy vedle sebe. V některých případech (např. u rodu *Thuja* nebo *Chamaecyparis*) rostou na mladém jedinci jehlicovité listy a v dospělosti na témže jedinci rostou pouze šupinovité listy (Hieke 2008, 7).

Okraj jehlic může být zcela hladký až ostrý nebo jemně zoubkovaný (*Tsuga*), velmi jemně pilovitý – viditelné pouze pod lupou (*Pinus*). Špička jehlic (listů) je špičatá, tupá, zašpičatělá, ustříhnutá, dvojité špičatá (důležitý determinační znak hlavně u jedlí *Abies*). Báze jehlic (listů) bývá většinou klínovitě zašpičatělá nebo zaoblená, ale vyskytují se i další varianty. Jedná se o bázi volnou (*Picea*, *Pseudotsuga*), přirostlá (*Araucaria*), klínovitá nebo kulatá (*Taxus*, *Cephalotaxus*), štítovitě rozšířená (*Abies*), široce sbíhající (*Cryptomeria*, *Sequoia*) a se člunkem (*Pinus*) (Hieke 2008, 7–8).

Zbarvení listů jehličnanů opisuje širokou paletu zelených odstínů od světle zelené (*Larix*), přes temně zelené (*Taxus*), nažloutlé (*Thuja*, *Chamaecyparis*) až nafialovělé (*Juniperus*). V se u některých jehličnanů objevuje i hnědé zbarvení (např. *Thuja*) (Hieke 2008, 8).

Postavení jehlic na větvích (větvičkách) je vstřícné (*Metasequia*), přeslenité (*Juniperus*), střídavé (*Pinaceae*), dvouřadé (*Pseudotsuga*, *Taxus*) nebo spirálovité (*Cryptomeria*). Jehlice (listy) rostou v různých vzdálenostech od sebe (nahloučené, oddálené nebo roztroušené). U borovic (*Pinus*) rostou jehlice (listy) ve svazečku po 1 – 5-ti a u modřínu (*Larix*) jsou ve svazcích (Hieke 2008, 8).

## 1.5 Anatomická a morfologická stavba generativních orgánů jehličnanů

Jehličnany jsou obvykle jednodomé rostliny – na jednom jedinci se tvoří samčí i samičí pohlavní orgány (v tomto případě samčí a samičí šištice – strobily) (Votrubová 2010, 166).

### 1.5.1 Samčí šištice (mikrostrobily)

Samčí šištice (mikrostrobilus) má tvar větene na němž jsou umístěny tyčinky (mikrosporofyly, mikrosporangiofory) uspořádané šroubovitě nebo v přeslenu. Na bázi je šištice chráněná sterilními šupinami. Na abaxiální straně tyčinek se tvoří 2 až 20 prašných pouzder (mikrosporangia), v nichž vznikají ze sporogenního pletiva (archespor) meioticky – tzv. mikrosporogenezí pylová zrna (mikrospory). Prašné pouzdro je zevnitř vystláno tapetem, které zajišťuje výživu pylových zrn (Vinter & Macháčková 2013, 52).

Stěna pylového zrna (sporoderma) je tvořena dvěma vrstvami – vnější tlustostěnnou exinou a vnitřní tenkostěnnou intinou. Pylová zrna velké části jehličnanů jsou opatřena vzdušnými vaky (jsou bisakatní). Vzdušné vaky vznikají oddálením vnější a vnitřní vrstvy exiny. Jedná se o morfologickou adaptaci na anemogamii. Vzdušné vaky v pylových zrnech nemají např. zástupci rodu modřín (*Larix*), tis (*Taxus*) nebo zástupci řádu *Cupressales* (Vinter & Macháčková 2013, 52).

### 1.5.2 Samičí šištice (megastrobily)

Samčí šištice (megastrobilus) je takéž jednoosý orgán větvenovitěho tvaru. Na větenu vyrůstají podpůrné šupiny (braktea) na jejichž adaxiální straně vyrůstají semenné šupiny. V některých případech podpůrné a semenné šupiny srůstají a mohou být různě modifikované či redukovány. Při zralém stavu semen mohou být megastrobily suché a zdřevnatělé, nebo také dužnaté (např. tzv. galbulus u jalovce – *Juniperus*). Např. u smrku (*Picea*) se vyskytují samičí šištice nerozpadavé převíslé, zatímco např. u jedle (*Abies*) hovoříme o šišticích rozpadavých přímých (Vinter & Macháčková 2013, 52).

Vajíčko (ovulum, megasporangium) je posazené (nejčastěji po dvou) v úžlabí na adaxiální straně semenné šupiny. Vajíčko není skryto v semeníku – je nahé. Meristemický základ, ze kterého se vajíčko vyvíjí, se diferencuje na nucellus (sporogenní pletivo, archespor, pletivné jádro) a integument (obal vajíčka) s mikropyle (klový otvor). Nucellus je krassinucellárního typu (hodně vyvinutý). V nucellu se vyvíjí mateřská buňka megasporocyt, z něhož meiotickým dělením (megasporogenezí) vznikají čtyři haploidní megaspory. Tři megaspory poté zanikají a dále zůstává pouze jedna. Z jediné megaspory se opakovaným

dělením vyvine samičí gametofyt označovaný ve zralém vajíčku a v semeni jako primární endosperm. Po skončení dělení dochází ke splývání jader primárního endospermu a výsledkem jsou polyploidní buňky. Součástí endospermu jsou i zásobní látky (škrob, aleuronová zrna a tuky) (Vinter & Macháčková 2013, 52).

V oblasti, kde se nachází klový otvor (mikropylární pól) se tvoří několik archegonií. Archegonium je složené z buněčného krčku, malé břišní kanálkové buňky a buňky vaječné (oosféra, samičí gameta). U zástupců rodů *Taxales* nebo *Cupressales* nacházíme vajíčka přímá (atropická), naopak např. u rodů *Pinales* se objevují vajíčka obrácená (anatropická) (Vinter & Macháčková 2013, 52).

### 1.5.3 Opylení a oplození

U všech jehličnanů dochází k anemogamickému oplození. Pylová zrna jsou přemísťována pomocí větru a přichycují se na nahém vajíčku na polinační kapce vylučované klovným otvorem. Při vysychání polinační kapky jsou pylová zrna vtahována klovným otvorem na povrch nucellu. V pylovém zrnu umístěná vegetativní buňka zahrnující i buňku generativní vyklíčí v pylovou láčku (sipho), která prorůstá nucellem do vajíčka. Generativní buňka se v pylové láčce nadále rozdělí na buňku nástěnnou a buňku spermatogenní, jež se ještě dělí na dvě buňky spermatické (samčí gamety). Pylová láčka dál roste nucellem k archegoniu a vniká k oosféře (ostatní buňky archegonia zanikají) (Vinter & Macháčková 2013, 52–53).

Oplození je jednoduché, jedna spermatická buňka splývá s oosférou za vzniku diploidní zygoty (ostatní buňky pylové láčky také zanikají). Po oplození vzniká ze zygoty dalším dělením embryo a z vajíčka vzniká semeno (Vinter & Macháčková 2013, 53).

### 1.5.4 Vznik semene, semeno

Ze zygoty vznikají postupným dělením čtyři čtveřice buněk poskládaných nad sebou, z nichž první čtveřice (nejblíže k mikropyle) zaniká, buňky druhé čtveřice se nazývají rosetové a někdy se i z nich mohou vyvíjet embrya. Třetí čtveřice buněk mají funkci zavěšovadel (suspensorů) posunujících embrya hlouběji do endospermu. Poslední čtveřice buněk (umístěná nejdále od mikropyle) se vyvíjí v embrya, kterých může být i více než čtyři, protože mohou vznikat i z rosetových buněk. Tento stav, kdy máme více embryí, než jedno se nazývá polyembryonie. Do plné zralosti však ve většině případů dospívá pouze jedno embryo (Vinter & Macháčková 2013, 53)

Při přeměně vajíčka na semeno vzniká z integumentu diploidní testa (osemení), nucellus zaniká. V původně haploidním primárním endospermu dochází ke splývání jader (vznik polyploidie) a jeho další funkcí je výživa embrya (Vinter & Macháčková 2013, 53).

Diploidní embryo je vtahováno suspenzorovými buňkami do endospermu, kde se postupně diferencují základy všech vegetativních orgánů. Embryo je bipolární – základ kořínku (radicula) směřuje k mikropyle. Na druhém pólu embrya se nachází základ růstového vrcholu stonku (plumula) obklopený dvěma nebo i více dělohami (cotyledones). Oba tyto póly embrya (radikulu a plumulu) spojuje hypokotyl (Vinter & Macháčková 2013, 53).

Semena mohou být křídlatá např. u většiny borovic (*Pinales*), modřínu (*Larix*) nebo smrku (*Picea*), bez křídel např. u tisu (*Taxus*) nebo většiny zástupců z čeledi cypřišovitých (*Cupressales*), semena tisovců (rod *Taxodium*) jsou ohraničené úzkou blanitou obrubou (Vinter & Macháčková 2013, 53).

Semena jsou uložena v úžlabí přivrácené strany většinou zdřevnatělé semenné šupiny jednotlivě (*Araucariales*), po dvou (*Pinales*), nebo ve větším počtu podle množství oplozených vajíček (u některých *Cupressales*). U některých jehličnanů se vyskytuje i jiný způsob uložení semen – např. u jalovců (*Juniperus*) srůstají zdužnatělé semenné šupiny megastrobilu v útvar podobný bobuli – galbulus, nebo u tisu (*Taxus*) je semeno ukryto v epimatiu, vznikajícím proliferací zdužnatělého podsemenného valu (Vinter & Macháčková 2013, 53).

Klíčení všech jehličnanů je epigeické – hypokotyl vynáší dělohy nad povrch půdy (Vinter & Macháčková 2013, 53).

## 1.6 Význam praktické výuky na gymnáziích a ostatních středních školách

Nezákladnější praktickou metodou výuky je pozorování, kdy studenti zkoumají a popisují daný předmět (v biologii často za použití mikroskopu či jiných pomůcek). V dnešní době se často přistupuje k tzv. badatelsky orientovanému vyučování (BOV), jež je opakem klasického způsobu vyučování, jímž je učitelův výklad, kdy žák pouze pasivně přijímá informace od učitele. BOV vychází z konstruktivismu. Učitel již není hlavním zdrojem informací, ale stává se pouze průvodcem výukou a žák získává svoje poznatky vlastním bádáním pod dozorem učitele. Předpokladem pro tuto formu výuky je žákova vysoká vlastní motivace a zájem a probíranou látku (Vinter & Králíček 2017).

Badatelsky orientované vyučování je forma výuky používaná v rámci středních škol zejména v biologickém praktiku nebo laboratorním cvičení. Tato výuka probíhá většinou na

půdě školy ve specializované biologické laboratoři, vybavené nástroji potřebnými pro přípravu vzorků či preparátů (podložní sklička, preparační jehly, skalpely, petriho misky, chemikálie pro konzervaci atd.) a také přístroje potřebné pro pozorování (mikroskopy, lupy atd.). Taková výuka vyžaduje proškolení žáků při práci s pomůckami a je nutno dbát na hygienu a bezpečnost práce (Vinter & Králíček 2017).

Je také možné provádět praktickou výuku mimo budovu školy formou různých biologických exkurzí v terénu, návštěv botanických či zoologických zahrad atd. (tzv. zážitková pedagogika), kdy se žák seznamuje pod vedením učitele se zkoumanými objekty (rostliny, zvířata, horniny atd.) v přírodě. Tato forma výuky je založena na schopnosti lidské paměti lépe vstřebávat a pamatovat si informace, jejichž vnímání je provázeno intenzivní emocí (Vinter & Králíček 2017).

Biologie je na střední škole zařazena do vzdělávací oblasti Člověk a příroda (společně s chemií, fyzikou, zeměpisem a geologií). Obsah učiva biologie (a dalších předmětů) je popsán v rámcovém vzdělávacím programu (RVP), kde je orientačně rozdělen do osmi oblastí. V rámci RVP jsou uvedeny i tzv. očekávané výstupy, které uvádí, jaké úrovně osvojení učiva mají žáci v daném oboru při dokončení gymnázia (střední školy) dosahovat. Například z oboru biologie rostlin by měl student ovládat anatomii a morfologii rostlin. Očekávaným výstupem z toho je schopnost žáka popsat stavbu těl rostlin a stavbu a funkci rostlinných orgánů (Vinter & Králíček 2017).

Z rámcového vzdělávacího programu vychází školní vzdělávací program (ŠVP), jenž dále rozšiřuje RVP a konkretizuje látku v něm obsaženou. Například tématu anatomie a morfologie rostlin v RVP odpovídají v ŠVP kategorie: rostlinná pletiva – vznik, typy, funkce, rostlinné orgány (vegetativní – kořen, stonek, list a generativní – květ plod semeno) vnější a vnitřní stavba, funkce, hospodářský význam, metamorfózy. Dalším bodem v RVP v oboru biologie rostlin je systém a evoluce rostlin, čemuž mimo jiné v ŠVP odpovídá přehled fylogenetického systému, stavba těla, životní cyklus, význam rostlin v přírodě a pro člověka, evoluční vztahy. Dále pak celý systém od nižších rostlin až po vyšší (kam patří i nahosemenné rostliny – lyginodendrové rostliny, cykasy, jinany a jehličnany) (Vinter & Králíček 2017).

## 2 Praktická část s výsledky

### 2.1 Metodika práce

Praktická část práce zahrnuje hlavně manipulaci s jehlicemi jehličnanů v botanické zahradě UP v Olomouci. Práce s jehlicemi sestávala z několika bodů:

- Pečlivý sběr jehlic v Botanické zahradě UP v Olomouci do předem popsaných sáčků tak, aby se jehlice od jednotlivých stromů nezaměnily.
- Zpracování jehlic zahrnující jejich nasekání na menší kousky a naložení do glycerinu do popsaných lahviček.
- Konzervace jehlic v glycerinu po dobu několika týdnů.
- Zhotovení řezů jehlic a následně také preparátů doma s pomocí zapůjčeného mikroskopu technikou řezu za použití bezové duše.
- Pořízení fotografií zdařilých řezů ve škole pomocí mikroskopu se zabudovaným fotoaparátem s případným využitím barviv pro zvýraznění některých struktur.
- Na základě znalostí z odborné literatury a zhotovených řezů sestavení didaktické příručky pro určování jednotlivých stromů podle anatomických a morfologických znaků na mikroskopickém řezu jejich jehlicemi.

## 2.2 Seznam jehličnanů rostoucích v Botanické zahradě UP

### 2.2.1 Borovice černá (*Pinus nigra*)

Jedná se o hojně rozšířenou dřevinu u nás i ve většině Evropy. Původní areál rozšíření sahá od jižní po začátek střední Evropy, kde hranici jejího výskytu tvořily jižní Karpaty (Hieke 2008, 162). Strom mívá korunu široce kuželovitého tvaru u mladších jedinců, ve stáří bývá tupě ukončená až deštníkovitá. Průměrná výška tohoto jehličnanu je mezi 20 až 40 m. Borka je šedě až šedočerně zbarvena a hluboce podélně zbrázděna (Hejný & Slavík 1988, 298).

Jehlice borovice černé vyrůstají ve svazcích po 2, na stromě vydrží 4 až 8 let. Jejich zbarvení se pohybuje od temně zelené až po světlejší odstíny. Jehlice dorůstají délky 8 až 12 cm a šířky 1 až 2 mm. Jsou většinou rovné nebo mírně zahnuté, na okrajích zoubkované.

### 2.2.2 Borovice Heldreichova (*Pinus heldreichii*)

Tento strom pochází z jižní Evropy, zejména ze západní části Balkánského poloostrova. Jedinci dorůstají výšky až 20 m s tvarem koruny popisovaným jako zaobleně pyramidálním. Borka kmene, zasahujícího hluboko do koruny, je zbarvena popelavě šedě a bývá hluboce a hranatě rozpraskaná.

Jehlice borovice Heldreichovy vyrůstají ve svazcích po 2 a vytrvávají na stromě 2 až 6 let. V mládí bývají jehlice světle zeleně zbarvené, později leskle zelené. Délka jehlic se pohybuje od 6 do 9 cm, jejich šířka je okolo 1,5 mm. Okraje mohou být nepravidelně zoubkované na špičce tupé nebo pichlavé (Hieke 2008, 154).

### 2.2.3 Borovice kleč (*Pinus mugo*)

Domovem tohoto stromu jsou hory střední Evropy a Balkánského poloostrova (Hieke 2008, 159). Vzhledem k jeho výskytu v horském prostředí má borovice kleč většinou podobu keře s různě zakřivenými větvemi a krátkým kmenem. Borka je šedohnědá, lupenitá, rozpraskaná na různě velké destičky, které neopadávají (Hejný & Slavík 1988, 294).

Jehlice vyrůstají ve svazcích po 2, často jsou srpovitě zahnuté směrem k letorostu nebo různě stočené, 3 až 4 cm dlouhé a 1,5 až 2 mm široké (Hieke 2008, 159). Na bázi obalují jehlice šupiny, na okrajích bývají velmi jemně pilovité, na vrcholu tupě špičaté. Zbarvení jehlic je temně zelené a opadávají po 4 až 6 letech (Hejný & Slavík 1988, 294).

#### 2.2.4 Borovice lesní (*Pinus sylvestris*)

Původní areál výskytu borovice lesní se rozkládá na území většiny evropského kontinentu přes celou Sibiř až po Malou Asii a část Kavkazu (Hieke 2008, 178). Strom dorůstá podle výskytu 10 až 40 m. Kmen je většinou přímý, u starších jedinců se větví až v horní čtvrtině (Hejný & Slavík 1988, 291). Koruna mívá široce deštníkovitý tvar (Hieke 2008, 178). Nepravidelně rozpukaná borka úzkých kmenů se zbarvuje do šedohněda.

Jehlice vyrůstají ve svazcích po 2, na stromech vydrží asi 3 roky. Délka jehlic se pohybuje od 4 do 7 cm, šířka je asi 2 mm. Zbarvení jehlic bývá šedozelené až namodralé. Okraj jehlic je pilovitý na špičce pichlavý. Často se objevují jehlice různě točené nebo i jinak pokroucené (Hieke 2008, 178).

#### 2.2.5 Borovice těžká (*Pinus ponderosa*)

Oblast původního rozšíření tohoto stromu je situovaná na západ USA (mezi Britskou Kolumbií až po Kalifornii). V domovských podmínkách dorůstají někteří jedinci až 50 m, v Evropě najdeme jedince mnohem nižší (Hieke 2008, 169). Koruna roste do protáhle kuželovitého tvaru. Kmen je většinou přímý, pokrytý tlustou hluboce brázditou borkou skořicově hnědého zbarvení (Hejný & Slavík 1988, 302).

Jehlice vyrůstají ve svazcích po 3, opadají po 3 letech. Délka jehlic se pohybuje od 12 do 25 cm a šířka okolo 1,5 cm. Zbarvení jehlic je temně zelené a na okrajích jsou jemně pilovité, na vrcholu růžkovitě zašpičatělé (Hieke 2008, 169).

#### 2.2.6 Cypřišek hrachonosný (*Chamaecyparis pisifera*)

Cypřišek hrachonosný pochází z Japonska, kde se vyskytuje zejména ve vlhkém prostředí. Ve své domovině dorůstá až 50 m, zatímco v našich středoevropských podmínkách dorůstá rozměrů podstatně nižších. Koruna je úzce kuželovitá, kmen může mít až 2 m v průměru, obalený červenohnědou borkou, poměrně hladkou, odlupující se v pruzích (Hieke 2008, 57).

Listy tohoto stromu jsou šupinovité, přitisklé k větvičce, ostrými konci odstávající. Zbarvení listů je leskle zelené, na rubu je zřetelná kresba (Hejný & Slavík 1988, 340).

#### 2.2.7 Cypřišek Lawsonův (*Chamaecyparis lawsoniana*)

Domovinou této dřeviny je Severní Amerika, konkrétně oblast jihozápadního Oregonu až severozápadní Kalifornie. Ve svých domovských podmínkách strom dorůstá 20 až 50 m,



v Evropě méně. Celkovým vzhledem se podobá zeravům (*Thuja*), koruna mívá kuželovitý tvar. Kmen bývá přímý, u mladších jedinců s hladkým lesklým hnědočerveným povrchem, u starších jedinců bývají kmeny hnědé se šupinovitě se odlupující borkou (Hieke 2008, 44).

Cypřišek Lawsonův disponuje drobnými šupinovitými listy, přisedlými k větévkám. Listy jsou na koncích více nebo méně zašpičatělé, na rubu s nenápadnou bělavou kresbou (Hejný & Slavík 1988, 340).

#### 2.2.8 Cypřišek tupolistý (*Chamecyparis obtusa*)

Původní areál rozšíření tohoto jehličnanu zahrnuje Japonsko a Tchaj-wan. Ve své domovině dorůstá výšky až 40 m, v našich podmínkách bývá ale podstatně nižší. Tvar koruny je popisován jako kuželovitý, kmen nabývá až 2 m v průměru. Borka kmene se zabarvuje do červeno hněda a je poměrně hladká, odlupující se v tenkých pružích.

Listy cypřišku tupolistého jsou drobné, ztloustlé, těsně přitisklé, temně zelené s výraznou bílou kresbou na rubu (Hieke 2008, 52).

#### 2.2.9 Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga glauca*)

Původní areál rozšíření tohoto mohutného stromu se nachází v Severní Americe (od Britské Kolumbie až po Kalifornii), kde dorůstá 60 až 100 m výšky s průměrem kmene až 4 m. Ve středoevropských podmínkách dosahuje daleko menších rozměrů. Koruna mladých stromů je v mládí kuželovitá, u starších stromů bývá širší a na (Hieke 2008, 194). Borka mladších jedinců je hladká, červenohnědého zbarvení, u starších stromů hluboce brázditá a tmavší (Hejný & Slavík 1988, 328).

Listy douglasky tisolisté jsou jehlicovité, 15 až 30 mm dlouhé, 1 až 1,5 mm široké, zeleného zbarvení se stříbřitými odlesky. Jehlice setrvávají na stromě 5 až 8 let.

#### 2.2.10 Jalovec obecný (*Juniperus communis*)

Původní rozšíření toho jehličnanu je značně kosmopolitní. Jeho domovina se nachází v celé Evropě, severní Asii, Severní Americe i severní Africe (Hieke 2008, 82). Jedná se o strom, častěji keř s více kmeny. Koruna nabývá kuželovitého, válcovitého nebo nepravidelně rozložitého tvaru (Hejný & Slavík 1988, 333,334). Kůra kmene je zpočátku hladká, šedohnědá, později se odlupuje.

Jehlice vyrůstají v trojčetných přeslenech, jsou rovné nebo zašpičatělé, šedozelené až tmavě zelené, 3 až 15 mm dlouhé, 1 až 2 mm široké (Hieke 2008, 82).

### 2.2.11 Jalovec prostřední (*Juniperus x media*)

Jedná se o mezidruhového křížence *J. chinensis* aj. *sabina*. Tvoří až 3 m široké keře, borka je červenohnědá, šupinatě se odlupující.

Jehlice jsou asi 6 mm dlouhé, v mládí tmavě zelené, ve stáří začínají žloutnout (Hieke 2008, 92).

### 2.2.12 Jedle cilicijská (*Abies cilicica*)

Jedle cilicijská pochází původem z Malé Asie, Sýrie a Libanonu. Stromy dorůstají výšky 20 až 30 m s větvemi vyrůstajícími z kmene už od země. Koruna bývá úzce kuželovitého tvaru okolo přímého kmene pokrytého šedou, v mládí hladkou, ve stáří šupinatou borkou (Hieke 2008, 14).

Jehlice jsou 20 až 35 mm dlouhé, 1 až 1,5 mm široké, na vrcholu zaoblené, temně zeleně zbarvené (Hieke 2008, 14).

### 2.2.13 Kryptomerie japonská (*Cryptomeria japonica*)

Tento strom pochází z Japonska, kde se jedná o významnou a hojně rozšířenou dřevinu. V Japonsku dorůstá výšky až 40 m, v našich podmínkách dosahuje rozměrů asi polovičních. Koruna nabývá většinou kuželovitého tvaru, jejíž střed vytváří přímý kmen obalený načervenalé hnědou borkou odlupující se v dlouhých pruzích (Hieke 2008, 61).

Jehlice nabývají šídlovitého tvaru a většinou bývají srpovitě zahnuté, 1 až 2 cm dlouhé, temně zelené (v zimě často hnědnou) (Hieke 2008, 61).

### 2.2.14 Mikrobiota křížmovstřičná (*Microbiota decussata*)

Mikrobiota pochází z jihovýchodní Sibíře, kde roste v horách i nad hranicí lesa. Tvoří nízké (okolo 30 cm), ale široké keře (až 1,5 m) (Hieke 2008, 115).

U této exotické dřeviny se vyskytuje heterofylie. Jedním typem jsou listy šupinovité, drobné, trojhranné, rostoucí hlavně na zastíněných větvičkách. Druhým typem jsou listy jehlicovité v létě žlutozelené, v zimě nahnědlé (Hieke 2008, 115).

### 2.2.15 Modřín japonský (*Larix kaempferi*)

Domovem této exotické dřeviny je Japonsko, kde tvoří hojné lesní porosty a také je zde hojně pěstován v nádobách i jako bonsai (Hieke 2008, 109). Ve své domovině dorůstá až 30 m, v Evropě podstatně méně. Koruna bývá kuželovitá, řídké nepravidelná s dlouhými větvemi

kolmo odstávajícími od rovného kmene pokrytého červenohnědou borkou odlupující se k úzkých podélných pásech (Hieke 2008, 110).

Modrozelené jehlice vyrůstají ve svazečcích po 40 až 50, jsou 20 až 35 mm dlouhé a asi 1 mm široké, na vrcholu špičaté nebo tupé, před opadem na podzim se zbarvují do žluta (Hejný & Slavík 1988, 310).

#### 2.2.16 Modřín opadavý (*Larix decidua*)

Areál původního rozšíření je lokalizován v Evropě, zejména v horských oblastech střední Evropy např. v Alpách či Karpatech. Řadí se mezi velmi rychle rostoucí stromy, dosahující výšky až 35 m. Koruna je široce kuželovitá, pravidelná, středně hustá, v jejímž středu prochází většinou rovný poměrně silný kmen obalený šedou až načervenalou hluboce brázditou borkou (Hieke 2008, 106).

Jehlice vyrůstají na brachyblastech ve svazečcích nejčastěji po 30 až 50 (ale až i 90). Světle zelené jehlicovité listy, 1 až 4 cm dlouhé, asi 1 mm široké, na hrotu bývají většinou tupé, na bázi na krátkých řapících (Hejný & Slavík 1988, 309).

#### 2.2.17 Smrk pichlavý (*Picea pungens*)

Tento smrk pochází ze západní části USA (Colorado, Wyoming, Utah, Arizona, Nové Mexiko), kde se vyskytuje i v horských oblastech. Jedinci dorůstají výšky 30 až 40 m s korunou široce kuželovitou. Kmen pokrytý hluboce rozpraskanou šedohnědou borkou bývá rovný, větve vyrůstají z kmene většinou už od země (Hieke 2008, 136).

Jehlice jsou 18 až 30 mm dlouhé, 1,5 mm široké, na vrcholu dlouze zašpičatělé a pichlavé, srpovitě prohnuté, modrozeleně až stříbřitě šedavě zbarvené, na příčném řezu čtyřhranné (Hejný & Slavík 1988, 322).

#### 2.2.18 Smrk sivý (*Picea glauca*)

Domovinou tohoto stromu je východní část Severní Ameriky, kde dorůstá až 25 m, v Evropě dosahuje rozměrů mnohem menších (Hieke 2008, 125). Koruna většinou nabývá kuželovitého tvaru s hustě nahloučenými větvemi, vyrůstajícímu už od země. Popelavě šedá borka tvořící povrch kmene se odlupuje v šupinách (Hejný & Slavík 1988, 322).

Jehlice zbarvené do matně modravě zelena až bělavě šeda jsou 8 až 15 mm dlouhé, 0,5 až 1 mm široké, na průřezu čtyřhranné, slabě srpovitě ohnuté. Po rozemnutí jsou silně cítit po rybízu černém (*Ribes nigrum*) (Hieke 2008, 126).

### 2.2.19 Tis červený (*Taxus baccata*)

Původní areál rozšíření tisu červeného se rozprostírá od území celé Evropy, přes Malou Asii, Kavkaz až po severní Afriku. Starší jedinci (i přes 100 let) mohou mít stromový tvar s kulovitou nebo vejčitou korunou (15 až 20 m vysoký), převažuje však vzhled keře často s více kmeny (Hieke 2008, 208). Tato velmi pomalu rostoucí dřevina má kmen pokrytý červenohnědou borkou s šupinovitě se odlupující kůrou (Hejný & Slavík 1988, 344).

Jehlice jsou 1,5 až 3,5 cm dlouhé, 2 až 2,5 mm široké, ploché, na svrchní straně temně zelené, na spodní straně světlejší, na vrcholu zašpičatělé, na bázi zúžené v krátký řapík. K opadu jehlic dochází po 4 až 8 letech (Hejný & Slavík 1988, 344).

### 2.2.20 Zerav japonský (*Thuja standishii*)

Domovská oblast rozšíření této dřeviny se nachází ve středním Japonsku, kde roste hlavně v horách. Jedinci dorůstají 8 až 20 m s hustou široce kuželovitou korunou, do které vybíhá přímý kmen (Hieke 2008, 225).

Listy jsou šupinovité, svrchu zelené, ze spodní strany se zřetelnou bílou kresbou, po rozemnutí voní po smrkové pryskyřici. Okrajové lístky bývají zakončeny krátkou, dovnitř stočenou špičkou (Hieke 2008, 225).

### 2.2.21 Zerav obrovský (*Thuja plicata*)

Tato dřevina pochází z oblasti západního pobřeží Severní Ameriky, kde obklopuje zejména horská jezera. Zde tvoří jedince až 60 m vysoké, ve střední Evropě značně menší. Koruna nabývá špičatě kuželovitého tvaru s kmenem, ve spodní části bez větví, pokrytým červenohnědou, hluboce zbrázděnou borkou odlupující se v dlouhých podélných pruzích (Hieke 2008, 223).

Listy jsou šupinovité, husté, na vrcholu zašpičatělé, na líci lesklé, na rubu pokryté bílou kresbou (Hejný & Slavík 1988, 342).

### 2.2.22 Zerav západní (*Thuja occidentalis*)

Původní areál rozšíření se nachází ve východní oblasti USA a Kanady, kde roste hlavně na studených podmáčených půdách. Zde dorůstá výšky až 20 m, v našich podmínkách těchto rozměrů dosahuje jen výjimečně (Hieke 2008, 218). Koruna je kuželovitá, hustě větvená s krátkými kolmo odstávajícími větvemi. Borka zbarvená do červenohnědé, rozpraskaná do tenkých pásy (Hejný & Slavík 1988, 342).

Šupinové listy jsou asi 4 mm dlouhé, na vrcholech tupě vejčité okrouhlé, na svrchní straně matné, na spodní straně bez kresby (Hieke 2008, 218).

## 2.3 Determinační znaky na řezu jehlicí

Pro sestavení didaktické příručky v mé práci stačí jen několik determinačních znaků: tvar na příčném řezu jehlicí, počet cévních svazků, přítomnost (nebo nepřítomnost), počet a poloha pryskyřičných kanálků a tvar buněk endodermální pochvy. Existují ale i další určovací znaky, které je možno v případě potřeby pozorovat a použít pro determinaci (např. množství vrstev hypodermis, tvar buněk hypodermis, přítomnost či nepřítomnost sklerenchymatických buněk mezi cévními svazky atd.).

### 2.3.1 Tvar na příčném řezu jehlicí

Na příčném řezu jehlicí lze pozorovat mnoho rozličných tvarů. U mnou pozorovaných stromů byl tvar polokruhovitý (např. u některých borovic – *Pinus*), trojúhelníkovitý až nepravidelně kosočtverečný (např. u některých smrků – *Picea* nebo jedle cilicijské – *Abies cilicica*) nebo úzce až podlouhle elipsovité (např. u tisu červeného – *Taxus baccata*).

### 2.3.2 Počet cévních svazků

Cévní svazek vede většinou více méně středem jehlice a je buď jeden (pak se označuje jako cévní svazek haploxylní), nebo 2 (pak se označuje jako cévní svazek diploxylní). Jeden cévní svazek obsahuje např. smrk sivý – *Picea glauca* nebo douglaska tisolistá – *Pseudotsuga glauca*. Naopak dva cévní svazky můžeme pozorovat např. u borovice černé – *Pinus nigra* nebo jedle cilicijské – *Abies cilicica*.

### 2.3.3 Přítomnost, počet a poloha pryskyřičných kanálků

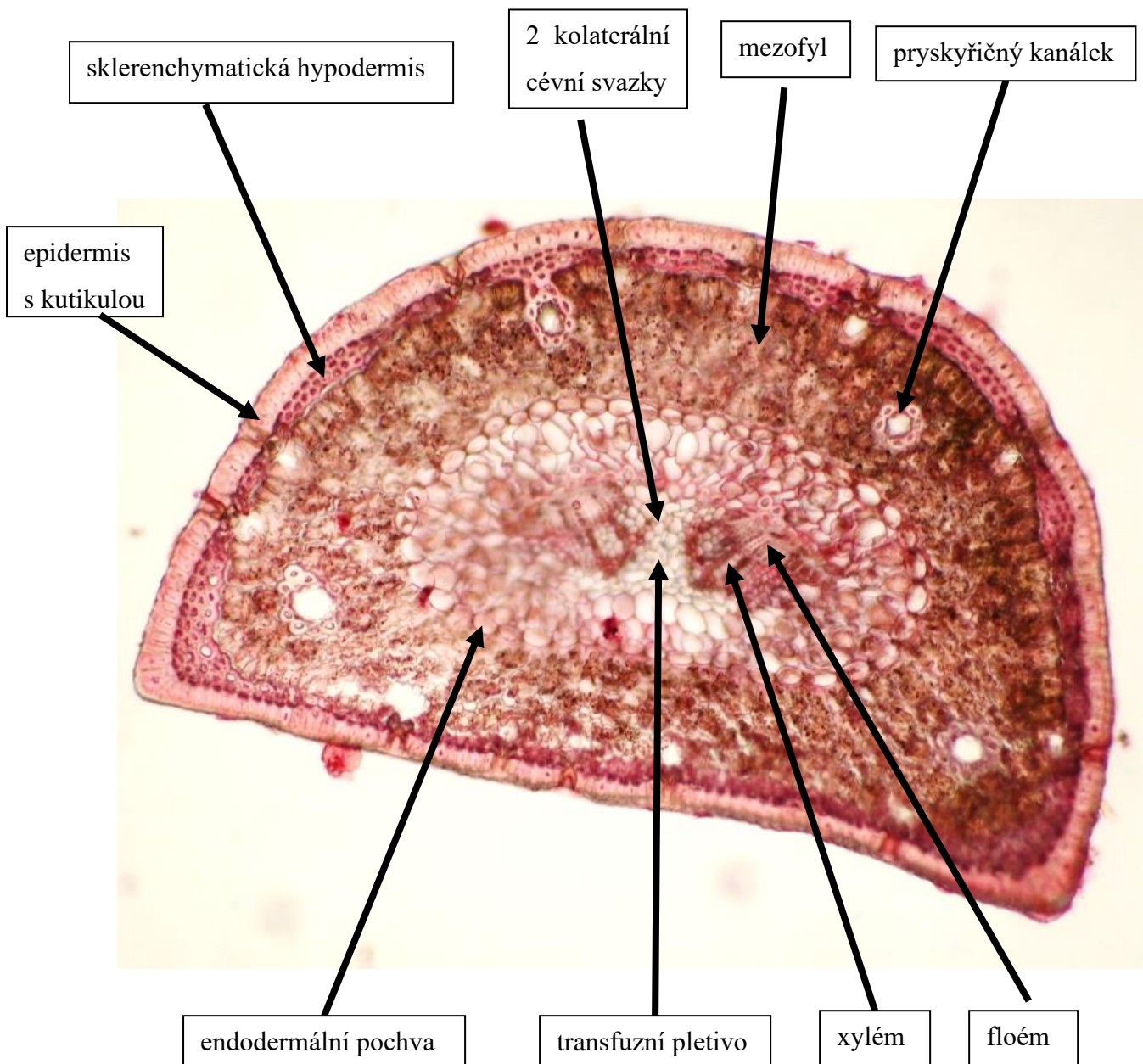
Obecně mezi jehličnany převažují stromy nebo keře, které mají v jehlicích přítomné pryskyřičné kanálky a totéž platí i pro mnou zkoumané jehlice stromů z botanické zahrady UP. Pryskyřičné kanálky neobsahují např. jehlice tisu červeného – *Taxus baccata*.

Pokud jehlice pryskyřičné kanálky obsahují, může být jejich počet přesně daný např. 2 u borovice heldreichovy – *Pinus heldreichii*, nebo 1 u jalovce obecného – *Juniperus communis*. Jindy je jejich počet v některých případech více a v některých případech méně variabilní např. u borovice kleč – *Pinus mugo*.

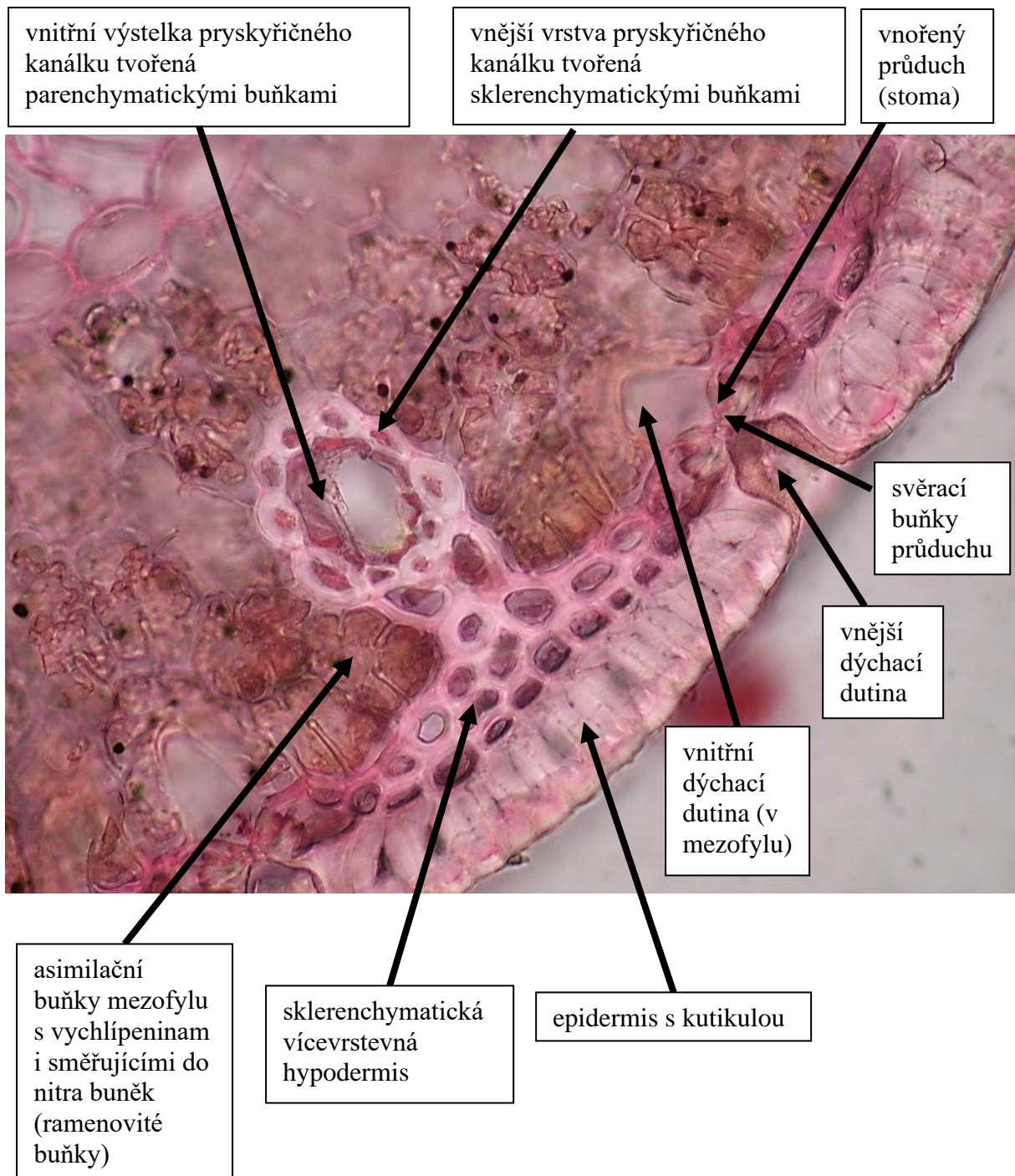
Umístění pryskyřičných kanálků je také důležité. Mohou být lokalizovány v mezofylu volně např. u jedle cilicijské – *Abies cilicica* nebo u borovice černé – *Pinus nigra*. Další možností je umístění kanálků v hypodermis, což je u jehlic dobře viditelná vrstva díky jejím ztloustlým sklerenchymatickým buňkám. Takto umístěné kanálky nacházíme např. u modřínu japonského

–*Larix kaempferi* nebo smrku pichlavého – *Picea pungens*. U borovice lesní – *Pinus sylvestris* nebo douglasky tisolisté – *Pseudotsuga glauca* najdeme kanálky umístěné v mezofylu těsně pod hypodermis.

## 2.4 Mikrofotografie řezů jehlic obsažených v klíči

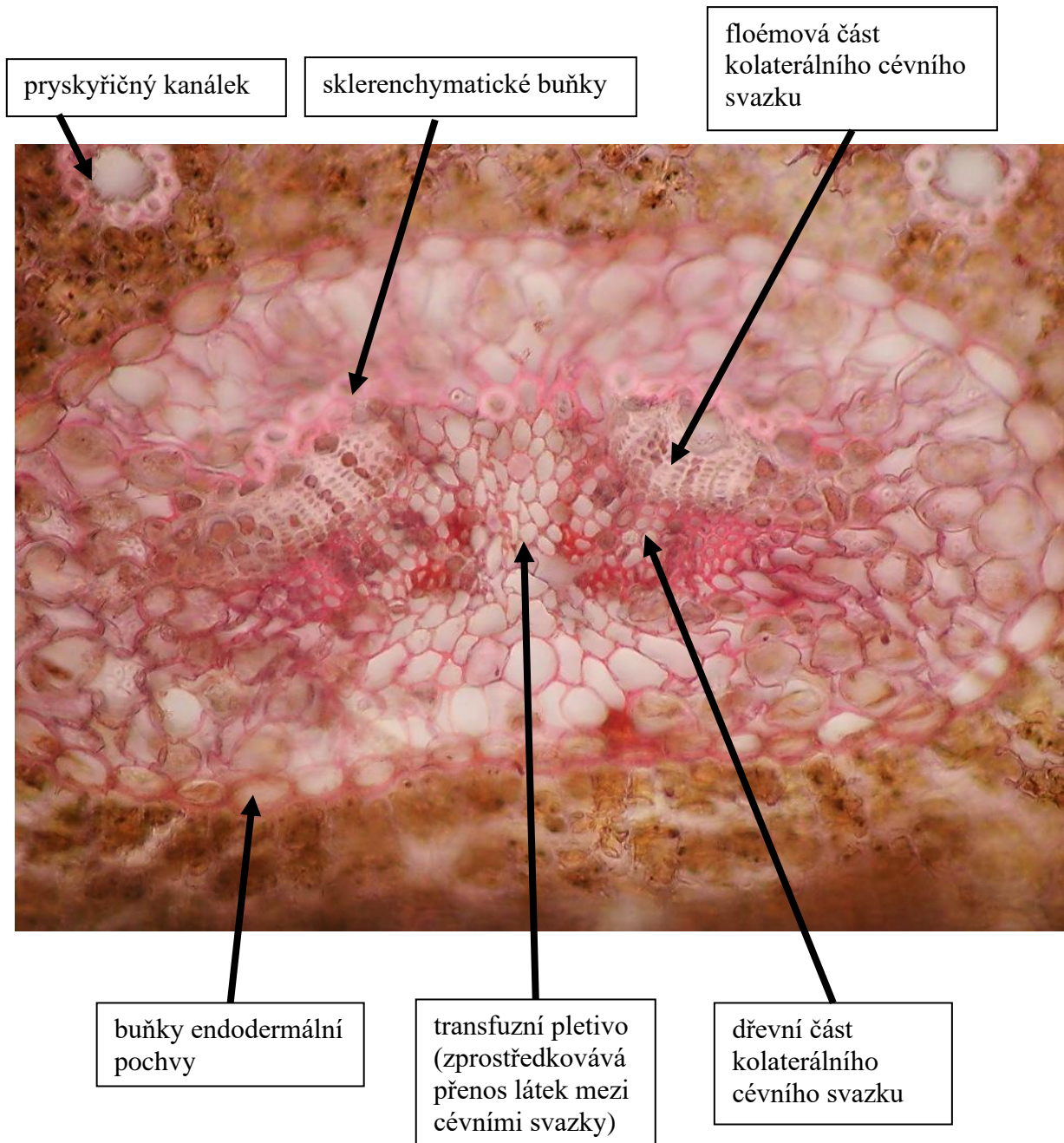


Obrázek 4: Borovice černá (*Pinus nigra*) - popis anatomických znaků



Obrázek 5: Borovice černá (*Pinus nigra*) - detail pryskyřičného kanálku a průduchu





Obrázek 6. Borovice černá (*Pinus nigra*) - detail cévního svazku

#### 2.4.1 Borovice černá (*Pinus nigra*)

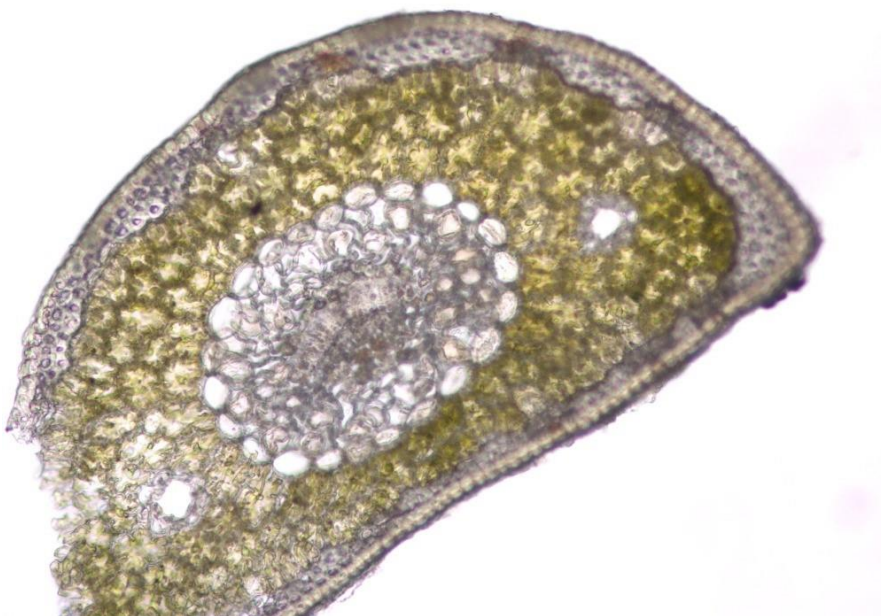
2 cévní svazky (dále jen CS), 3 (i více) pryskyřičných kanálků (dále jen PK), tvar na řezu (dále jen TŘ) polokruhovitý



Obrázek 7: Borovice černá (*Pinus nigra*)

#### 2.4.2 Borovice Heldreichova (*Pinus heldreichii*)

1 CS, 2 PK, TŘ polokruhovitý



Obrázek 8: Borovice Heldreichova (*Pinus heldreichii*)

#### 2.4.3 Borovice kleč (*Pinus mugo*)

2 CS, 3 (až 7) PK, TŘ polokruhovitý



Obrázek 9: Borovice kleč (*Pinus mugo*)

#### 2.4.4 Borovice lesní (*Pinus sylvestris*)

2 CS, 9 (až 20) PK, TŘ polokruhovitý



Obrázek 10: Borovice lesní (*Pinus sylvestris*)

#### 2.4.5 Borovice těžká (*Pinus ponderosa*)

2 CS, 2 PK, TŘ trojúhelníkovitý



Obrázek 11: Borovice těžká (*Pinus ponderosa*)

#### 2.4.6 Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga glauca*)

1 CS, 2 PK, TŘ trojúhelníkovitý



Obrázek 12: Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga glauca*)

#### 2.4.7 Jedle cilicijská (*Abies cilicica*)

2 CS, 2 PK, TŘ trojúhelníkovitý



Obrázek 13: Jedle cilicijská (*Abies cilicica*)

#### 2.4.8 Modřín japonský (*Larix kaempferi*)

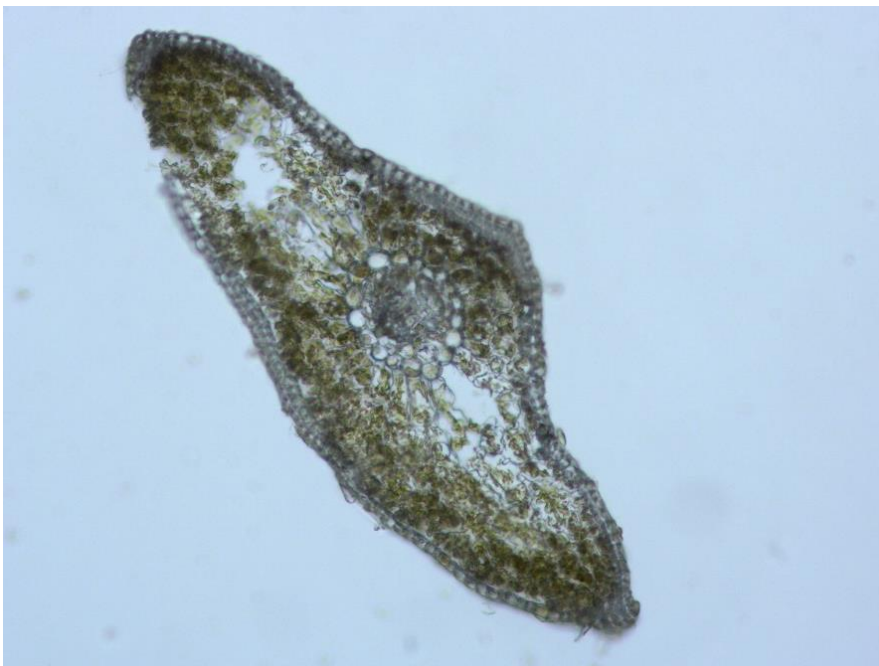
1 CS, 2 PK, TŘ trojúhelníkovitý



Obrázek 14: Modřín japonský (*Larix kaempferi*)

#### 2.4.9 Modřín opadavý (*Larix decidua*)

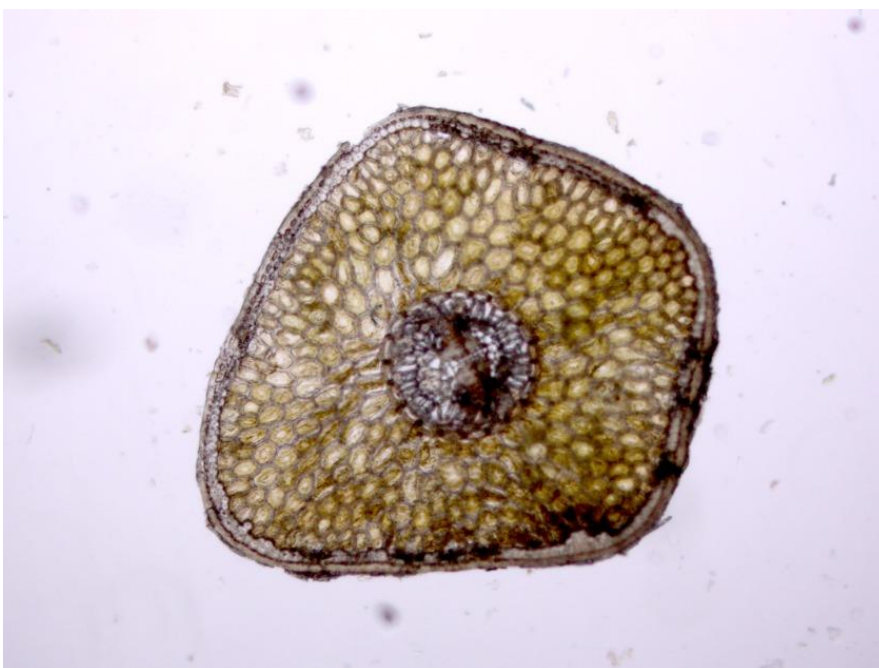
1 CS, 0 PK, TŘ trojúhelníkový



Obrázek 15: Modřín opadavý (*Larix decidua*)

#### 2.4.10 Smrk pichlavý (*Picea pungens*)

1 CS, 0 PK, TŘ kosočtverečný



Obrázek 16: Smrk pichlavý (*Picea pungens*)

#### 2.4.11 Smrk sivý (*Picea glauca*)

1 CS, 1-2 PK, TŘ kosočtverečný



Obrázek 17: Smrk sivý (*Picea glauca*)

#### 2.4.12 Tis červený (*Taxus baccata*)

1 CS, 0 PK, TŘ úzce až podlouhle elipsovité



Obrázek 18: Tis červený (*Taxus baccata*)

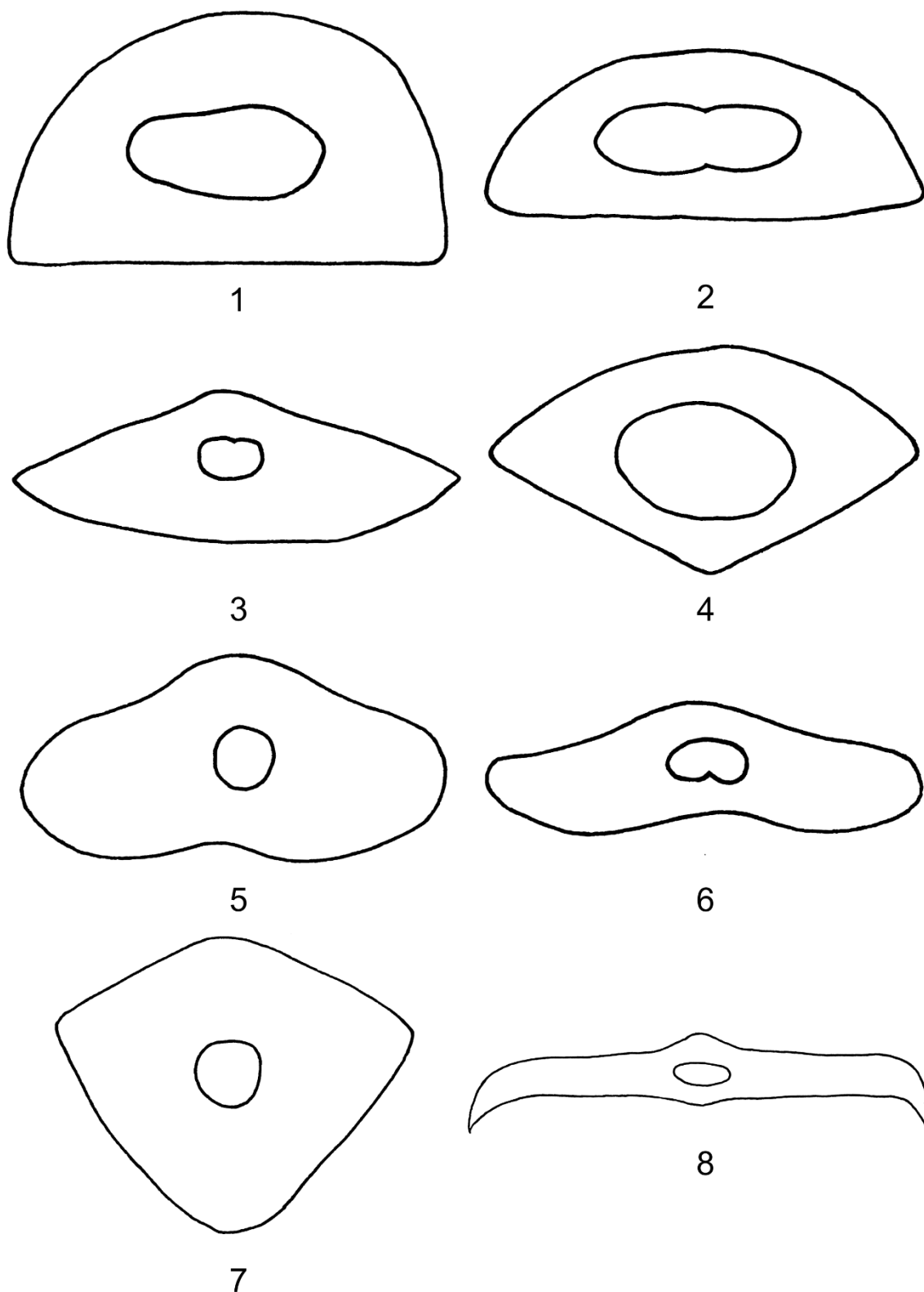
## 2.5 Klíč k určování jehličnanů podle anatomických znaků na řezech jehlicemi

1a: Tvar řezu jehlicí polokruhovitý .....	2
1b: Tvar řezu jehlicí trojúhelníkovitý až nepravidelně kosočtverečný .....	5
1c: Tvar řezu jehlicí úzce až podlouhle elipsovité .....	10
2a: 1 cévní svazek (jehlice haploxylní), 2 pryskyřičné kanálky, buňky mezofylu vybíhající do sklerenchymatické hypodermis .....	BOROVICE HELDREICHOVA
2b: 2 cévní svazky (jehlice diploxylní) .....	3
3a: Pryskyřičné kanálky umístěné volně v mezofylu .....	BOROVICE ČERNÁ
3b: Pryskyřičné kanálky těsně pod hypodermis .....	4
4a: Řez je na délku více jak 2x delší, než na výšku, epidermální buňky čtvercové, pryskyřičných kanálků (7-) 10 - 16 (-20), mezi cévními svazky mnoho sklerenchymatických buněk .....	BOROVICE LESNÍ
4b: Řez není více jak 2x delší na délku, než na šířku, epidermální buňky obdélníkovité, vyšší než široké, pryskyřičných kanálků 3 - 5 (-7), mezi cévními svazky málo sklerenchymatických buněk, nebo zcela chybějí .....	BOROVICE KLEČ
5a: 1 cévní svazek (haploxylní) .....	6
5b: 2 cévní svazky (diploxylní) .....	9
6a: Pryskyřičné kanálky jsou přítomné .....	7
6b: Pryskyřičné kanálky nejsou přítomné .....	8
7a: 2 poměrně velké pryskyřičné kanálky umístěné pod hypodermis v úrovni cévního svazku, řez je spíše trojúhelníkovitý .....	DOUGLASKA TISOLISTÁ
7b: 2 drobné pryskyřičné kanálky umístěné v hypodermis v laterálních rozích řezu, řez je spíše trojúhelníkovitý .....	MODŘÍN JAPONSKÝ
7c: 1 až 2 pryskyřičné kanálky umístěné v mezofylu pod hypodermis, řez je spíše kosočtverečný .....	SMRK SIVÝ
8a: Buňky endodermální pochvy jsou velké, kulovité, řez je spíše trojúhelníkovitý .....	MODŘÍN OPADAVÝ
8b: Buňky endodermální pochvy jsou úzce oválné, menší, řez je spíše kosočtverečný .....	SMRK PICHĽAVÝ
9a: Tvar na řezu jehlicí je trojúhelníkovitý, dvě strany svírají 120° nebo 90° (podle toho jestli byly ve svazku 3 nebo 4 jehlice, třetí strana je obloukovitě vypouklá, 2 pryskyřičné kanálky umístěné v mezofylu .....	BOROVICE TĚŽKÁ



- 9b: 2 pryskyřičné kanálky v mezofylu pod hypodermis .....JEDLE CILICIJSKÁ
- 10: 1 cévní svazek, bez přítomnosti pryskyřičných kanálků..... TIS ČERVENÝ

## 2.6 Nákresy tvarů řezů



Obrázek 19: 1.-řez polokruhovitý (b. černá, b. heldreichova, b. kleč); 2. - řez polokruhovitý (b. lesní); 3 - řez trojúhelníkovitý (modřín opadavý, m. japonský); 4 - řez trojúhelníkovitý (b. těžká); 5 - řez trojúhelníkovitý (douglaska tisolistá); 6 - řez trojúhelníkovitý (jedle cilicijská); 7 - řez kosočtverečný (smrk pichlavý, s. sivý); 8 - řez úzce až podlouhle elipsovitý (tis červený)

## Diskuse

V práci jsem se snažila zaměřit na důležitost praktického učení (zážitková pedagogika, badatelsky orientovaná výuka). Při množství látky požadované po studentech gymnázií (středních škol) je obtížné zapamatovat si informace pouze při klasickém výkladu, kdy učitel aktivně předává své znalosti a žák je pasivně přijímá. Zejména na gymnáziích je prostor i pro praktickou výuku, kdy si žák může některé studované objekty „osahat“ sám, navíc se naučí pracovat s nástroji, zhotovovat preparáty atd. Při těchto praktických cvičeních (konkrétně pak při zhotovování řezů jehlicemi pomocí bezové duše) se student naučí jemné motorické práci a zacházení s mikroskopem.

Práce s jehlicemi a určování stromů pomocí klíče by měla být probírána současně s teoretickou výukou nahosemenných rostlin v teoretických hodinách, a to v souladu se zařazením tématu v RVP. Při těchto hodinách je klíčová motivace žáka a jeho zájem o probíranou látku. Bylo by tedy vhodné uvažovat o práci ve skupinách po 2 až 3 členech, kdy si žáci mohou rozdělit úkony sami mezi sebou. Fotografie preparátů z mikroskopu se dají pro tyto potřeby pořizovat i mobilním telefonem. Motivace žáků může být podpořena např. soutěží o nejlepší řez, kterou bude vyhodnocovat učitel.

Při zhotovování řezů jsem zkusila udělat řezy listy všech nahosemenných stromů rostoucích v Botanické zahradě UP, ale zjistila jsem, že šupinovité listy nejsou vhodnými didaktickými typy pro zařazení do didaktického klíče z důvodu jejich nepravidelného tvaru. U šupinovitých listů je velmi důležité, kterou částí je řez veden. Je tedy nutno odbornějších znalostí a náročnost neodpovídá úrovni střední školy. Z toho důvodu jsem do klíče zařadila pouze ty nahosemenné dřeviny, které jsou jehličnany v pravém slova smyslu a mají jehlice.

Na řezech všemi jehlicemi jsem pozorovala xeromorfní adaptace (např. vnořená stomata, epidermis s kutikulou, vícevrstevná sklerenchymatická hypodermis atd.), jejichž význam je pro jehličnany velký. Jedná se o přizpůsobení nepříznivým podmínkám (málo vody, sucho, zima atd.), proto jsou jehličnany schopny růst i ve velmi chladných oblastech s drsnými podmínkami (tajgy, tundry, vysokohorské oblasti). Xeromorfní adaptace také umožňují setrvání jehlic na stromech více let (až několik desítek let).

Své pozorování anatomických znaků jsem srovnávala s některými publikacemi. Mé poznatky jsou v souladu s obrazovým průvodcem anatomii rostlin A. Luxe (2017) i publikacemi zabývajícími anatomii a morfologií rostlin V. Vintera (2009). Při sestavování klíče jsem se inspirovala klíčem k určování borovic na základě anatomických znaků na řezu jehlicí

z Květeny České socialistické republiky 1 a poznatky z této publikace rovněž souhlasily s mými závěry.

## Závěr

Teoretická část práce obsahuje podrobnou literární rešerši o jehličnanech zaměřující se na morfologii a anatomii vegetativních i generativních rostlinných orgánů. V první části práce se také zaměřuji na Botanickou zahradu UP, její vznik a historii a členění se zmínkou o některých zajímavých druzích rostoucích v zahradě.

Praktická část se dále podrobněji zaměřuje na nahosemenné dřeviny nacházející se v zahradě. Součástí práce je seznam těchto dřevin s jejich krátkou charakteristikou. Hlavní složkou praktické části je fotodokumentace řezů vybraných jehličnanů s popisem anatomických a morfologických struktur důležitých pro jejich determinaci. Pro větší přehlednost jsem do práce zařadila i schematicky načrtnuté tvary řezů. Výstupem z mé práce je didaktický klíč pro určování jehličnanů na základě jejich anatomických a morfologických znaků na řezu jehlicí. Tento klíč je možné využít při praktické výuce biologie na gymnáziu (či jiné střední škole).

## Použitá literatura

- Boyce C. K. & Leslie A. B. (2012):* The paleontological context of angiosperm vegetative evolution. *International Journal of Plant Sciences* 173: 561–568.
- Farjon A. (2010):* A Handbook of the World's Conifers. Boston: Brill Academic Publishers.
- Hejný S. & Slavík B. (1988):* Květena České socialistické republiky 1. Praha: Academia.
- Hieke K. (2008):* Encyklopedie jehličnatých stromů a keřů. Brno: Computer Press.
- Lebeda A. & Křístková E. (2008):* Průvodce. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Lebeda A., Křístková E., Dobešová Z., & Cigánek D. (2013):* Průvodce Botanickou zahradou Přírodovědecké fakulty. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Lux A. (2017):* Obrazový průvodce anatomii rostlin. Praha: Academia.
- Mauseth J. D. (2008):* Plant Anatomy. Caldwell, New Jersey: The Blackburn Press.
- Slavíková Z. (2002):* Morfologie rostlin. Praha: Univerzita Karlova v Praze - Nakladatelství Karolinum.
- Stewart W. N. & Rothwell G. W. (1987):* Paleobotany and the evolution of plants. Cambridge: Cambridge University Press.
- Taylor T. (2009):* Conifers. In: Paleobotany. The Biology and Evolution of Fossil Plants. Cambridge, MA: Academic Press, 805–871.
- Úradníček L. (2003):* Lesnická dendrologie I. (Gymnospermae). Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
- Vinter V. (2009):* Rostliny pod mikroskopem: základy anatomie cévnatých rostlin. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Vinter V. & Králíček I. (2017):* Začínající učitel biologie. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Vinter V. & Macháčková P. (2013):* Přehled morfologie cévnatých rostlin. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Votrubová O. (2010):* Anatomie rostlin. Praha: Univerzita Karlova v Praze - Nakladatelství Karolinum.