
ARBORISTIKA V.

HODNOCENÍ STROMŮ

Jaroslav Kolařík a kolektiv

A R B O R I S T I K A V.

SKRIPTA PRO DALŠÍ VZDĚLÁVÁNÍ V ARBORISTICE

**VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA ZAHRADNICKÁ
A STŘEDNÍ ZAHRADNICKÁ ŠKOLA MĚLNÍK
2008**

Zpracovali: Ing. Jaroslav Kolařík, Ph.D. a kolektiv:

Ing. Jakub Beránek, Doc. Dr. Ing. Petr Horáček, Doc. Dr. Ing. Libor Janovský,
Ing. Přemysl Krejčířík, Ph.D., Ing. Luděk Praus, Ph.D., Ing. Andrea Szórádová

Učební texty jsou určeny pro další vzdělávání v arboristice (komplexní péči o dřeviny rostoucí mimo les, intenzivní ovocné sady a vinohrady)

Texty lze využít i k výuce na středních odborných školách (zahradnických, lesnických, nebo ochrany a tvorby životního prostředí), na vyšších odborných školách (zahradnických, lesnických, nebo ochrany a tvorby životního prostředí) a na vysokých školách (na fakultách zahradnických, lesnických nebo životního prostředí).

První vydání Arboristiky vychází v pěti dílech textů (I. až V.) a je doplněno CD.

Učební texty odpovídají nejnovějším poznatkům v oboru arboristiky v České republice i v zahraničí

© Ing. Jaroslav Kolařík, Ph.D., za kolektiv, 2008

Ilustrations © Alena Klimešová, DiS., 2008

© VOŠ Za a SZaŠ Mělník, 2008

PŘEDMLUVA K UČEBNÍM TEXTŮM ARBORISTIKA DÍL I. AŽ V. A CD

V září 1989 přednášel v Československé republice z iniciativy Doc. RNDr. Ivana Suchary, CSc. z tehdejšího Výzkumného ústavu okrasného zahradnictví v Průhonicích, pan Pius Floris z Holandska. Byl žákem Dr. Alexe L. Shiga z USA. Do té doby bylo jméno Dr. Alexe L. Shiga, autora řady knih, mimo jiné knihy Nová biologie stromů, v naší republice prakticky neznámé. Výjimkou snad byla jen pí RNDr. Božena Gregorová, CSc. z tehdejších Sadů, lesů, zahradnictví hl.m. Prahy. Tato kniha rozbouřila světovou odbornou veřejnost, zejména ze západní Evropy a nejvíce z tehdejší Spolkové republiky Německo.

Jeho teorie a definice zjednodušeného modelu interakce obranného mechanismu dřevin s pronikajícím patogenním organismem (dřevokaznou houbou), byla publikována pod názvem CODIT, s původním významem **Compartmentalization Of Decay In Trees** (odizolování hniloby ve stromech). Po kritickém posouzení, zejména v Hamburku Dujesiefkenem, Liesem a dalšími, byla teorie a model KODIT uznán nejen za pravdivý, byť z vědeckého hlediska zjednodušený, ale dokonce platící i pro další stresové faktory. Schigův model **CODIT** dostává z tohoto hlediska posunu významu nový (upravený) název **Compartmentalization Of Damage In Trees** (DUJESIEFKEN, 1989).

Od roku 1989 proto dostává obor péče o stromy celosvětově nový impuls.

Pozorní posluchači v září 1989 v Průhonicích i v Lednici, kde se přednášky Piuse Florise konaly, jistě pochopili, jaké zpoždění za světem v péči o dřeviny u nás máme. Zároveň také, že nelze otrocky přejímat vše „nové“ ze západu. Nikdo z nás ani netušil, že za pár měsíců dojde u nás k podstatným změnám ve společenském a hospodářském zřízení a cestovat za poznáním za hranice našeho státu již nebude takovým problémem.

I hospodářské a politické změny v tehdejší Československé republice jistě nahrály tomu, že se již při přípravě obnovení činnosti **Společností pro Zahradní a Krajinářskou Tvorbu (SZKT)** souběžně připravuje od jara 1990 z iniciativy RNDr. Boženy Gregorové, CSc., Ing. Miloslava Reše, Ing. Olgy Altmanové a dalších založení nové sekce SZKT, po jejím utavení (leden 1991) pak nazvané **Sekce Péče o Dřeviny (SPoD)**.

V srpnu 1990 z iniciativy pí RNDr. Boženy Gregorové, CSc. a jejich kolegů se v Praze schází skupina odborníků, zajímajících se o péči o dřeviny. Výsledkem je mimo jiné konstatování, že se musí co nejdříve založit systematické vzdělávání v „arboristice“. Následně v září 1991 je na tehdejší Střední zahradnické škole na Mělníku zahájena výuka na jednoletém, dálkovém, specializačním studiu nazvaném **Komplexní Péče o Dřeviny (KPD)**.

Brzy se i u nás u nově konstituovaného podoboru ujal název **ARBORISTIKA**.

Předkládané učební materiály ARBORISTIKA I. až V., doplněné o CD, jsou dalším krokem ke zlepšení dalšího vzdělávání v oboru ARBORISTIKA.

Autorský kolektiv je rozsáhlý, ale přesto věřím, že mohu za všechny autory požádat odbornou veřejnost o jakákoliv upozornění na případné chyby, návrhy na upřesnění či rozšíření v dalších vydáních.

František Smýkal,

projektový manažer skript ARBORISTIKA

a editor všech dílů (I. až V.) a 2 ks CD

Seznam autorů:

Ing. Jakub Beránek

Doc. Dr. Ing. Petr Horáček

Doc. Dr. Ing. Libor Jankovský

Ing. Jaroslav Kolařík, Ph.D.

Ing. Přemysl Krejčířík, Ph.D.

Ing. Luděk Praus, Ph.D.

Ing. Andrea Szórádová

Alena Klimešová, DiS.

HMYZ

BIOMECHANIKA STROMŮ

DŘEVNÍ HOUBY

METODY HODNOCENÍ STROMŮ

TAXONOMIE DŘEVIN

BIOMECHANIKA STROMŮ

METODA WLA

OBRÁZKY, ÚPRAVA TEXTU

OBSAH:

1. HODNOCENÍ STAVU STROMŮ (JAROSLAV KOLAŘÍK)	13
2. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY (JAROSLAV KOLAŘÍK)	15
2.1 LOKALIZACE DŘEVINY	15
2.1.1 Lokalizace vizuální	15
2.1.2 Využití GPS	16
2.1.3 Tagování stromů	16
2.2 TAXON DŘEVINY	17
2.3 DIMENZE KMENE	20
2.3.1 Přístroje pro měření dimenzí kmene	21
2.4 VÝŠKA STROMU	21
2.5 PRŮMĚT KORUNY	22
2.6 FYZIOLOGICKÉ STÁŘÍ	23
3. FYZIOLOGICKÁ VITALITA (JAROSLAV KOLAŘÍK)	24
3.1 DEFOLIACE	24
3.2 ZMĚNA FORMY VĚTEVNÍCH STRUKTUR	25
3.3 PROSYCHÁNÍ KORUNY	26
3.4 VÝVOJ SEKUNDÁRNÍCH VÝHONŮ	26
3.5 OSTATNÍ PARAMETRY	26
4. ZDRAVOTNÍ STAV (JAROSLAV KOLAŘÍK)	26
4.1 TYPOLOGIE DEFEKTŮ	27
4.2 POPIS HLAVNÍCH TYPŮ DEFEKTŮ	27
4.2.1 Defekty habitu	27
4.2.2 Poškození	31
4.2.3 Přítomnost reakčního dřeva	38
4.2.4 Symptomy oslabení kořenového systému	38
4.2.5 Další symptomy	40
5. PROVOZNÍ BEZPEČNOST (PETR HORÁČEK, LUDĚK PRAUS)	40
5.1 VÝZNAM POSUZOVÁNÍ PROVOZNÍ BEZPEČNOSTI DŘEVIN	40
5.2 ZÁKLADNÍ POJMY	42
5.3 STABILIZAČNÍ CHOVÁNÍ STROMU – TVAROVÁ OPTIMALIZACE	43
5.3.1 Adaptační mechanizmy stromu	45
5.3.2 Teorie konstantního napětí	45
5.3.3 Řídící parametr adaptačního růstu	46
5.4 SLOŽKY SYSTÉMU STABILITY STROMU	46
5.4.1 Trojúhelník růstu stromu	47
5.4.2 Trojúhelník stability stromu	47
5.4.3 Trojúhelník strukturální analýzy	47
5.5 MATERIÁL	48
5.5.1 Mechanické vlastnosti dřeva	48
5.6 GEOMETRIE	52



5.6.1	Principy tvarové optimalizace	52
5.6.2	Modifikace geometrie kmene	54
5.7	ZATÍŽENÍ A SÍLY PŮSOBÍCÍ NA STROM.....	56
5.7.2	Biomechanika stromu	58
5.8	PRAKTICKÉ HODNOCENÍ PROVOZNÍ BEZPEČNOSTI STROMŮ VIZUÁLNÍMI METODAMI .	61
6.	NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ (JAROSLAV KOLAŘÍK).....	65
6.1.1	Přesun cíle pádu	66
6.1.2	Stabilizační zásah	66
6.1.3	Řez stromů	67
6.1.4	Instalace bezpečnostní vazby	68
6.1.5	Změna stromu v torzo	69
6.1.6	Omezení přístupu	70
6.1.7	Kácení stromu	70
7.	VIZUÁLNÍ METODIKY HODNOCENÍ STAVU STROMŮ.....	71
7.1	VTA (VISUAL TREE ASSESSMENT) (JAROSLAV KOLAŘÍK)	72
7.2	WLA (WIND LOAD ANALYSIS) (ANDREA SZÓRÁDOVÁ)	72
8.	DIAGNOSTICKÉ PŘÍSTROJE (JAROSLAV KOLAŘÍK).....	80
8.1	PRINCIPY DIAGNOSTICKÝCH PŘÍSTROJŮ.....	80
8.1.1	Metody invazivní, destruktivní a nedestruktivní.....	80
8.1.2	Metody bodového hodnocení.....	81
8.1.3	Metody hodnocení nosného profilu.....	81
8.1.4	Metody komplexního hodnocení.....	81
8.2	MECHANICKÉ TESTY	82
8.2.1	Testovací tyče a kladívko.....	82
8.2.2	Presslerův nebozez	82
8.2.3	Fraktometr	82
8.2.4	Endoskop.....	83
8.3	PŘÍSTROJE ZALOŽENÉ NA PRINCIPU RYCHLOSTI ŠÍŘENÍ ZVUKU	83
8.3.1	Impulzní kladivo.....	83
8.3.2	Silvatest	84
8.3.3	Arbosonic Decay Detector.....	84
8.3.4	PICUS	84
8.4	PENETROMETRY	85
8.4.1	Použití přenosné vrtačky	85
8.4.2	Resistograf	85
8.4.3	Sibert DDD 200.....	85
8.4.4	Teredo	85
8.5	METODY ZALOŽENÉ NA SLEDOVÁNÍ ZMĚN V ELEKTRICKÉM ODPORU	86
8.5.1	Shigometer	86
8.5.2	Vítamat	86
8.5.3	Odporová tomografie	86
8.6	TAHOVÉ ZKOUŠKY (SIM).....	87
9.	EKOLOGICKÝ VÝZNAM (JAROSLAV KOLAŘÍK)	88



9.1	VĚKOVÁ STADIA STROMŮ	88
9.2	TVAR STROMU.....	89
9.3	TYPY HABITATU	93
9.3.1	Stav borky.....	93
9.3.2	Stav větví	94
9.3.3	Stav kmene.....	94
9.3.4	Odumřelé dřevo	94
9.4	DŮKAZY EXISTENCE DOPROVODNÝCH ORGANISMŮ	94
10.	SOFTWARE A HARDWARE PRO INVENTARIZACI STROMŮ	
(JAROSLAV KOLAŘÍK)		95
10.1	PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ	95
10.1.1	Využití vysílaček	95
10.1.2	Použití kapesních počítačů.....	96
10.1.3	Použití TabletPC	96
10.1.4	Periferie.....	97
10.2	PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ.....	98
10.2.1	Textové procesory	98
10.2.2	Tabulkové procesory.....	98
10.2.3	Databázové programy	99
10.2.4	Systémy GIS	99
10.2.5	Programy pro zpracování multimediálních souborů	99
10.2.6	Oborový software	100
11.	CHOROBY A ŠKŮDCI DŘEVIN (LIBOR JANKOVSKÝ).....	102
11.1	ZÁKLADY STRESOVÉ EKOLOGIE – DŘEVINA A STRES	103
11.1.1	Dynamická rovnováha živých systémů	103
11.2	STRES A ODOLNOST	104
11.2.1	Koncepce stresu v biologii	104
11.2.2	Rozdělení stresu z hlediska druhu působení stresu na rostliny	104
11.2.3	Rozdělení stresu podle prostorové a časové dimenze působení	104
11.2.4	Odolnost	104
11.2.5	Dispozice dřeviny	105
11.2.6	Nemoc	105
11.2.7	Choroba	106
11.2.8	Poškození	106
11.3	KONCEPCE STRESU U DŘEVIN A JEJÍ APLIKACE.....	107
11.3.1	Vznik poškození jako důsledku reakce na stresovou zátěž.....	107
11.3.2	Narušení funkčního vztahu mezi korunou stromu a kořeny jako projev stresové zátěže.....	108
11.3.3	Přírozené abiotické a biotické stresory	109
11.3.4	Antropogenní stresory	109
11.4	PŘIROZENÉ ABIOTICKÉ STRESOVÉ FAKTORY A JEJICH ODEZVY.....	109
11.4.1	Sucho	109
11.4.2	Vodní stres z nadbytku vody	110
11.5	TEPLOTNÍ STRESY ROSTLIN	110



11.5.1	Vysokoteplotní stres	110
11.5.2	Škody způsobené vysokými teplotami.....	111
11.5.3	Chladový stres (chilling stress)	111
11.5.4	Stres mrazem	111
11.5.5	Škody způsobené mrazem.....	111
11.6	ATMOSFÉRICKÉ SRÁŽKY.....	112
11.6.1	Škody způsobené sněhem.....	112
11.6.2	Škody způsobené námrazou	112
11.6.3	Škody způsobené krupobitím.....	113
11.7	ŠKODY ZPŮSOBENÉ VZDUŠNÝM PROUDĚNÍM	113
11.8	ŠKODY BLESKEM	114
11.9	ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ A JEHO DŮSLEDKY	114
11.9.1	Imise.....	114
11.9.2	Fotochemický smog	114
11.9.3	Poškození rostlin a jejich prostředí vzdušnými škodlivinami	114
11.9.4	Základní projevy vlivu atmosférických polutantů na dřeviny	115
11.9.5	Symptomy akutního poškození.....	115
11.9.6	Dopady působení znečištění ovzduší na půdy.....	116
11.9.7	Dopady acidifikace půd na stromy	116
12.	DEFINICE ZÁKLADNÍCH POJMŮ (LIBOR JANKOVSKÝ)	116
12.1.1	Choroba	116
12.1.2	Saprofyt, saprogen	117
12.1.3	Parazit, patogen	117
12.1.4	Biotrofie	118
12.1.5	Hemibiotrofie.....	118
12.1.6	Nekrotrofie.....	118
12.1.7	Patogenita, virulence.....	119
12.1.8	Patogeneze	120
12.1.9	Imunita, infektibilita, tolerance, citlivost	120
12.1.10	Hypersenzitivní reakce	121
13.	PŮVODCI BIONÓZ NA DŘEVINÁCH	125
13.1	HOUBY	125
13.1.1	Morfologie hub.....	126
13.1.2	Modifikace mycelia	127
13.1.3	Plodnice hub	128
13.2	POLOPARAZITICKÉ ROSTLINY	129
13.3	ROZTOČI	129
13.4	HMYZ (JAKUB BERÁNEK)	129
13.4.1	Ekologie hmyzu	129
13.4.2	Užitečný hmyz.....	131
14.	DŘEVNÍ HOUBY (LIBOR JANKOVSKÝ)	131
14.1	FYZIOLOGIE A BIOLOGIE DŘEVNÍCH HUB.....	133
14.1.1	Podmínky růstu dřevních hub	133
14.2	VÝŽIVA DŘEVNÍCH HUB.....	133



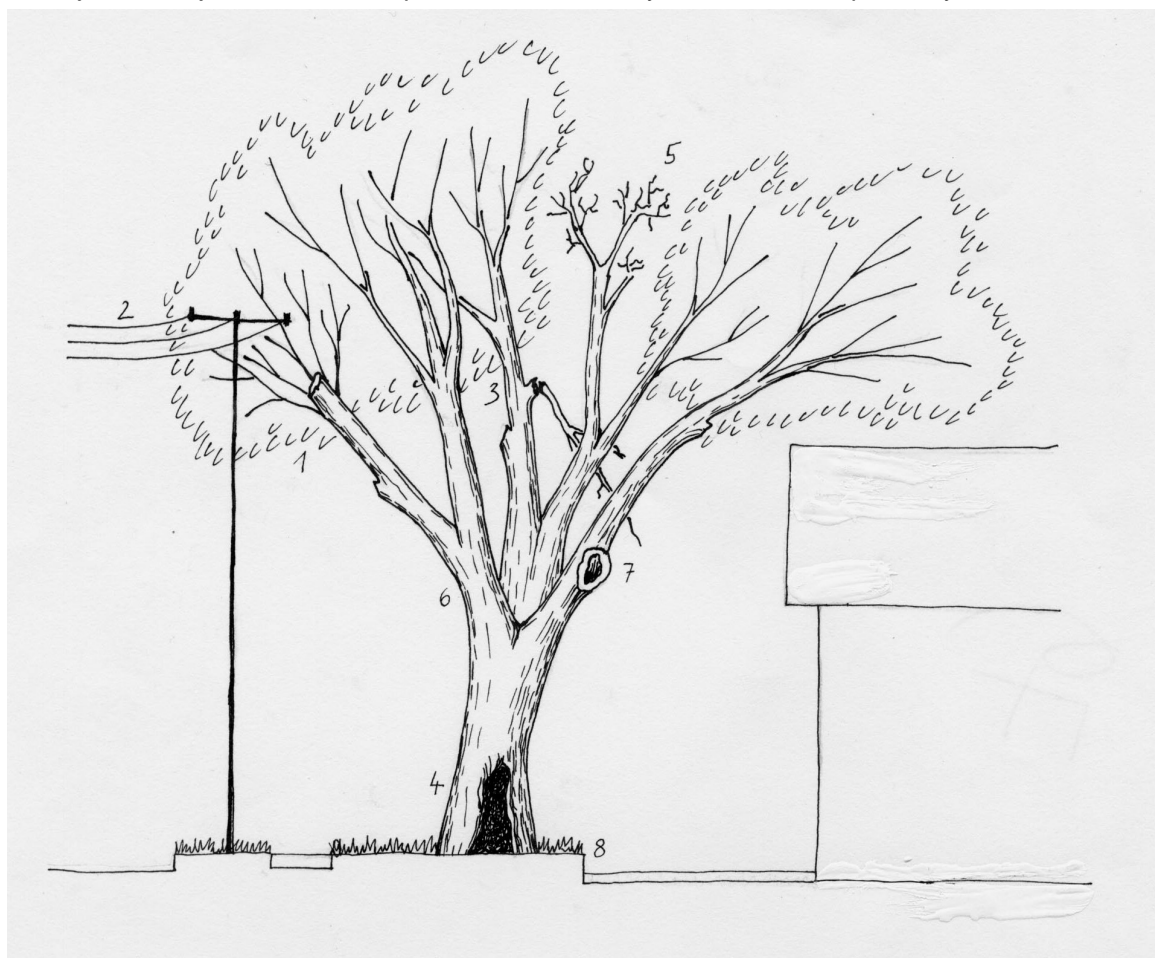
14.3	EKOLOGIE DŘEVNÍCH HUB	134
14.3.1	Ekologické strategie dřevních hub	135
14.3.2	Saprofytické dřevní houby.....	136
14.3.3	Ranoví paraziti	137
14.3.4	Nekrotrofní paraziti – dřevní houby infikující živé stromy	137
14.4	ROZKLAD DŘEVA HOUBAMI	138
14.4.1	Enzymatický aparát dřevních hub	139
14.4.2	Dřevní houby a rozklad dřeva.....	139
14.4.3	Bílé tlení.....	140
14.4.4	Hnědé tlení.....	140
14.4.5	Měkké tlení.....	141
15.	KARANTÉNNÍ CHOROBY DŘEVIN	141
15.1	PŘÍKLADY ZAVLEČENÍ PŮVODCŮ CHOROB DŘEVIN	141
15.2	MEZINÁRODNÍ ÚPRAVA ROSTLINOLÉKAŘSKÉ PÉČE	143
15.3	ROSTLINOLÉKAŘSKÁ PÉČE V ČR	144
15.4	CHARAKTERISTIKA HLAVNÍCH KARANTÉNNÍCH ŠKODLIVÝCH ORGANISMŮ	145
15.5	RIZIKA ŠÍŘENÍ DALŠÍCH KARANTÉNNÍCH CHOROB	151
16.	VÝZNAMNÉ CHOROBY DŘEVIN.....	152
16.1	DŘEVNÍ HOUBY	152
17.	POPISY HLAVNÍCH DRUHŮ HMYZU (JAKUB BERÁNEK).....	165
18.	TERMINOLOGICKÝ SLOVNÍČEK.....	173
19.	LITERATURA.....	179
20.	PŘÍLOHY (ANDREA SZÓRÁDOVÁ)	188
21.	REJSTŘÍK.....	205



1. Hodnocení stavu stromů

V rámci arboristické praxe má hodnocení stavu stromů za účel získat popis stromu, zhodnocení jeho „biologického“ stavu, zhodnocení jeho „mechanického“ stavu, zhodnocení rizik, spojených s přítomností stromu na jeho stanovišti a v neposlední řadě i odhad dynamiky budoucích změn. Nástin budoucího vývoje přímo souvisí s návrhem opatření, směřujících ke zlepšení podmínek pro růst stromu, příp. ke stabilizaci zjištěných defektů. To jsou základní informace, které musí metoda hodnocení stavu stromů poskytnout pro odborné rozhodování v péči o zeleň. Další parametry, jako je např. hodnocení estetického či ekologického významu dřevin, jsou většinou považovány za doprovodné, i když v souvislosti s některými aspekty praktického ošetřování stromů mohou v konkrétních případech přebírat i zásadní roli.

Přestože v rámci naší republiky vznikaly metodiky hodnocení stavu stromů spíše v návaznosti na potřeby zahradní architektury, celosvětově jsou orientovány spíše pragmaticky na potřeby hodnocení provozní bezpečnosti stromů. i v rámci naší praxe prudce vzrůstá potřeba využití metod tohoto typu. Proto je následující text zaměřen především na metody méně známé a prakticky orientované.



Obr. 1: Různé typy defektů u dřevin a vliv stanoviště: 1 – sekundární výhony, 2 – vedení inženýrských sítí, 3 – odumřelé nebo odlomené větve, 4 – dutiny, 5 – ztráta vitality, malformace větví, 6 – rizikové typy větvení, tlakové vidlice, 7 – předešlé zásahy v koruně, 8 – úpravy terénu.

Hodnocení stavu stromů probíhá obecně ve třech krocích:

- 1) Vizuální šetření – Jedná se o adspekční metody, kterými posuzujeme aktuální stav stromu na základě porovnání s určitým „ideálem“, nejčastěji myšleným. V rámci tohoto šetření se kromě obecných charakteristik hodnotí i parametr fyziologické vitality, zdravotního stavu a provozní bezpečnosti. Jedná se pouze o evidenci symptomů s rámcovým odhadem jejich rozsahu. Především u stromů, u nichž je podezření na výrazné narušení statických poměrů, se přistupuje ke kroku 2.
- 2) Použití speciálních metodik vizuálního hodnocení – v tomto kroku se přistupuje k pokusu o odhad rozsahu zjištěného defektu a zhodnocení jeho vlivu na celkový stav hodnoceného stromu. Pro dané účely se využívají stále ještě vizuální metodiky hodnocení, doplněné o interpretační schémata. Mezi nepoužívanější postupy patří v anglicky mluvících zemích metoda VTA (Visual Tree Assessment) (MATTHECK, 1991) a v našich podmínkách metoda WLA (Wind Load Analysis). Metoda WLA byla vyvinuta pro AOPK ČR v roce 2006, podrobně bude popsána dále v textu.
- 3) Přístrojový test – v případě stromů, stojících na exponovaných stanovištích s podezřením na rozsáhlejší interní defekty, případně na narušení kořenového systému, je často třeba přikročit k podrobnějšímu rozboru stavu s použitím některého z přístrojových testů. Jedná se sice o poměrně malý počet jedinců v rámci běžně realizovaných průzkumů, ovšem na druhé straně jsou to stromy často nejexponovanější, jejichž eventuální selhání by mohlo způsobit největší škody. Používané přístrojové metody hodnocení stavu stromů jsou popsány dále v textu.

Pro základní inventarizaci je možné použít několik metodických přístupů sběru dat. Prvním je slovní popis stavu. Jedná se o prosté popsání jedince s vyjmenováním rizikových míst a dopadů, většinou doprovázené návrhem ošetření. Vhodné pro individuální posudky stromů. Nevýhodou je nemožnost jakéhokoli statistického zpracování.

Dalším přístupem je využití evaluačních tabulek. Typickým způsobem hodnocení tohoto typu jsou schematické návody pro posouzení stavu stromu. Používají se převážně v anglofonní části světa - v USA a Velké Británii. Pomocí předtisknutého evaluačního tiskopisu se detekují přítomné defekty a rizika stromu i okolí (např. STATHERS, ROLLERSON, MITCHELL, 1994). Formálně nejsou ustáleny ani normovány. Pomocí vytipovaných znaků (defektů – např. přítomnost tlakové vidlice atd.) v podstatě popisujeme hodnocený strom. Podobným způsobem se provádí i návrh údržby – vyznačením nutných úkonů (např. odstranit suché větve atp.). Jedná se o jednoduchou metodiku, přísně vázanou na požadavky arboristické praxe.

Pro větší soubory stromů se využívají různé metodiky, založené na sběru dat o přítomnosti a rozsahu zjištěných defektů pomocí kódového označení. Výhodou je možnost statistického zpracování získaných dat a efektivní a rychlý sběr, který je možné automatizovat. Nevýhodou může být omezení získaných informací výhradně na předepsaný rozsah evidovaných problémů.

V následujícím textu bude popsáno šest hlavních oblastí, v nichž je smysluplné o stromech získávat data kvůli péči o ně. Jedná se o:

- základní charakteristiky,
- fyziologickou vitalitu,
- zdravotní stav,
- provozní bezpečnost,
- ohodnocování stromů,
- ekologický význam.

Kromě prostých vizuálních metod hodnocení budou popsány jak speciální metodiky vizuálního šetření, tak i metody přístrojové.



2. Základní charakteristiky

Při hodnocení stavu dřevin se vždy evidují základní charakteristiky, které popisují a identifikují jedince, k němuž se následně vztahují data z jeho hodnocení. Mezi tyto charakteristiky řadíme především:

- lokalizaci dřeviny,
- určení taxonu,
- dendrometrické parametry,
- v případě stromů i odhad jejich stáří.

Většinu těchto parametrů lze následně využít pro další účely (počítačové zpracování inventarizace, analýza stability stromů, oceňování dřevin apod.). Proto je smysluplné věnovat pozornost i metodice zjištění těchto dat tak, aby byl co nejvíce vyloučen subjektivní prvek při jejich sběru.

2.1 Lokalizace dřeviny

Vzhledem ke skutečnosti, že dřeviny zásadním způsobem nemění svou pozici, je možné jejich pouhou lokalizaci využít pro jednoznačnou identifikaci. Poloha stromu je vždy vázána k patě kmene (svislici, probíhající středem paty kmene). U vícekmennů se poloha vztahuje k bodu, umístěnému uprostřed rozvětvení kmenů. V případě růstu stromu na svahu se používá zaměření po vrstevnici.

Tento způsob jednoznačného určení dřevin se využívá především u soliterně rostoucích jedinců, event. u jedinců rostoucích v alejích a v rozvolněných skupinách, kde je i následné dohledání na základě jednou určené lokalizace relativně snadné. V případě hustších porostů, event. větších ploch, je vhodnějším způsobem (doprovodným) využití některého ze způsobů tagování.

2.1.1 Lokalizace vizuální

Při určení polohy dřeviny zakreslením do mapového podkladu pouze s orientací podle okolních prvků lze počítat s přesností od ± 1 do 15 m. Přesnost závisí na kvalitě mapového podkladu a disponibilních orientačních bodech. i v případě, že se jedná o vizuální lokalizaci, je v současné době již standardem převádět výsledná data do digitální podoby a pro využití je poskytovat v některém ze systémů GIS.

Jako podklad lze při kvalitních inventarizacích využít tři typy map:

- rastrové mapy černobílé – jedná se většinou o oscanované katastrální mapy, připojené na souřadný systém. Tento typ map je k dispozici pro celé území republiky v měřítkách 1:500, 1:1000 či 1:2880. Při tisku i scanování map dochází v důsledku nepřesnosti zapisovacího či snímacího zařízení a v důsledku objemových změn papíru ke vzniku nepřesností. Pro počítačové zpracování se tyto mapy jeví jako bitmapové rastry (buď černobílé nebo ve stupních šedi). Vzhledem k jejich velikosti je práce s nimi náročná na kapacitu počítače a významně prodlužuje odezvu jak při běžném zobrazování, tak i při tisku apod.
- rastrové mapy barevné – většinou se jedná o fotogrammetricky zpracované letecké snímky. Jejich využití je vhodné při lokalizaci skupin stromů a keřů, event. při vyhledávání jednotlivých stromů v rozsáhlých plochách. Použití v rozvolněných (parkových) porostech a alejích často ztěžuje přítomnost stínů a komplikované rozlišení jednotlivých stromů v rámci skupin. Velikost souborů v případě tohoto typu rastrů značně převyšuje rastry nebarevné. Tato nevýhoda bývá částečně kompenzována využíváním ztrátových komprimačních algoritmů (např. jpeg), což ovšem zvyšuje nepřesnost detailů.
- vektorové mapy – jedná se o digitalizované mapy, kde jsou veškeré prvky převedeny na určitý typ entit (text, body, linie, polygony). Jsou vytvořeny buď vektorizací rastrových map, nebo jsou produktem přímého geodetického zaměření situace v terénu. Kromě zvýšení přesnosti a výraznému zrychlení práce při počítačovém zpracování je jejich hlavní výhodou fakt, že k jednotlivým entitám je možné připojovat databáze, a tudíž je využívat jako referenční body např. při inventarizacích dřevin.

Tyto tři typy map lze při praktickém využití kombinovat. Pro účely vazeb na databázové prvky je ovšem nutné vektorizovat v minimální variantě alespoň body označující evidované dřeviny.



2.1.2 Využití GPS

Systém GPS (*Global Positioning System*) je pasivní dálkoměrný systém pro stanovení polohy a času na Zemi i v přilehlém prostoru. GPS je schopen poskytovat 24 hodin denně a kdekoli na zemském povrchu signály, které přijímače GPS zpracují a určí polohu v prostoru a přesný čas. Od 1. května 2000 došlo k významnému zvýšení přesnosti GPS po odstranění umělé chyby, která byla do systému vnášena. GPS je radionavigační systém pro civilní a vojenské použití, který je provozován vzdušnými silami USA a řízen vládou USA pomocí IGEB (*Interagency GPS Executive Board*, www.igeb.gov).

Systém GPS se skládá ze tří základních segmentů:

Kosmický segment je tvořen v současné době 28 satelity na šesti oběžných drahách. Družice obíhají ve výšce cca 20 200 km s inklinací 55° a dobou oběhu přibližně 12 hodin. Tím je zajištěno, že jsou prakticky všude v jakýkoliv okamžik nad obzorem minimálně čtyři viditelné družice. V praxi těchto viditelných družic může být až 12. V České republice je běžně k dispozici v daný okamžik přibližně 7 až 8 družic. Pro určení polohy v prostoru je nutné přijímat signály ze čtyř družic, protože kromě tří neznámých souřadnic x , y , z je neznámou i čas t (respektive posun času přijímače GPS oproti času UTC GPS satelitů). Jakákoliv další viditelná družice samozřejmě zlepšuje konfiguraci a tím i výsledky měření.

Řídící segment je tvořen monitorovacími stanicemi po celém světě (Kwajalein, Diego Garcia, Ascension, Cape Canaveral, Hawaii) a hlavní řídící stanicí v Colorado Springs. Zde jsou zpracovávána data z monitorovacích stanic a vypočteny přesné údaje o oběžných drahách a korekce času, které jsou zpětně přeneseny pozemními anténami do satelitů. Satelity je pak v rámci navigační zprávy vysílají a jsou přijímány GPS přijímači.

Uživatelský segment je pak tvořen širokou paletou GPS přístrojů, které poskytují údaje o poloze, rychlosti a čase uživatelům v nejrůznějších aplikacích.

Spektrum disponibilních přístrojů pro přijímání signálu GPS je značně široké – od tzv. turistické třídy s praktickou přesností lokalizace pohybující se mezi 10 a 50 m (v závislosti na počtu přijímaných satelitů a podmínkách pro příjem signálu) až po geodetické, které jsou v případě využití referenční stanice a postprocesingového zpracování signálu schopny dosáhnout přesnosti řádově na centimetry.

Pro vyhledávání jednotlivých významných stromů v porostu či v krajině lze využít i méně přesné (ovšem cenově dostupnější) přístroje turistické třídy. Pro běžné inventarizace je nutná minimální přesnost ± 1 m, kterou jsou schopny nabídnout pouze přístroje geodetické.

2.1.3 Tagování stromů

Jednoznačnou identifikaci dřeviny může poskytnout i její přímé označení některým z typů identifikačních štítků - *tagů*. V praxi se používají v principu dva typy tagování:

- instalace štítků (s číslem či s doprovodným čárovým kódem),
- zavedení identifikačních čipů.

Starší a značně rozšířenější je metoda instalace štítků na kmeny stromů. Přináší možnost jednoznačné lokalizace dřeviny v terénu i bez mapy či jiné pomůcky (kapesního počítače, přijímače GPS apod.). Tento způsob označování dřevin je často používán jako doprovodný identifikační systém v rámci větších spravovaných území (uliční stromořadí měst, parky, arboreta apod.). Používá se široké spektrum štítků s různým typem přichycení ke kmeni.

Nejjednodušším typem tagů jsou aluminiové štítky s vyraženým číslem, instalované na kmeny stromů pomocí hřebíku. Výhodou systému je cenová dostupnost a minimální vznikající destrukce při tloustnutí stromu. Štítek je měkký a strom je schopen ho při svém přírůstu postupně odtlačit a zdeformovat, aniž by došlo k významnějšímu poškození dřevní části kmene. Značnou nevýhodou je možnost poškození systému v důsledku vandalizmu. Štítky je velmi snadné bez jakéhokoli náčiní ze hřebíku strhnout. Snímání čísla pomocí digitální techniky není možné, v některých případech je komplikované i prosté čtení vyraženého čísla v důsledku reflexe slunečního záření.

Sofistikovanějším systémem je využití plastových štítků, vyráběných především pro označování kmenů v lesním hospodářství. Tyto štítky jsou k dispozici v několika variantách s různým typem „nožiček“ pro jejich připevnění na podložku. Je možné je pomocí speciálního razidla instalovat i bez dodatečného připevnění šroubkem či hřebíkem. Při využití na živých stromech je ovšem významným komplikujícím faktorem jejich postupné vytlačování, event. jejich zarůstání do kmene, které může být především u mladých vitálních jedinců velmi rychlé a dynamické.



Štítky jsou k dispozici jak pouze s číslem (6 míst), tak i s jeho reprezentací formou čárového kódu. Je tak umožněno snímání čísla štítku pomocí čtečky čárových kódů připojené k počítači, určenému pro terénní sběr dat (PPC, Tablet PC).

Pro použití na středněvěkých okrasných stromech se osvědčilo využití štítků s krátkými „nožičkami“, instalovanými pomocí šroubků. Aby se zamezilo rozevírání štítku či destrukci kmene, je lépe jej umístit ve vertikálním směru. Šroubky je nutné při pravidelné kontrole povolovat, což vyžaduje použití šroubků z kvalitního materiálu, nejlépe se šestihrannou hlavou.



Obr. 2: Systém Arbo-Tag instalovaný na kmeni stromu.

Při označování mladých stromů je nutné použít štítky bez fixačních nožiček, protože malá vrstva krycích pletiv vede k přímému narušování povrchových vrstev dřeva v krátkém časovém horizontu po instalaci štítku.

V poslední době byl vyvinut systém Arbo-Tag, který se pokouší minimalizovat nevýhody dříve zmíněných systémů. Jedná se opět o plastový štítek s číslem a jeho reprezentací ve formě čárového kódu s otvorem pro instalaci hřebíku s minimálně vyniklou hlavičkou. Štítek se instaluje na kmen stromu úderem speciálního kladiva, které do kmene zavede hřebík, který je hlavním fixačním prvkem. Při přirůstání kmene dochází k postupnému vytlačování štítku a k jeho pohybu po hřebíku – pokud nedojde k jeho reinstalaci – jen po několika letech (event. desetiletích v závislosti na dynamice přírůstu) vytlačen docela. Pomocí instalačního kladiva je možné štítek pohodlně zavést do výšky nad 2 m, což by mělo snížit nebezpečí poškození tagovacího systému v důsledku vandalizmu.

Při instalaci štítků s využitím hřebíků či šroubků jako fixačního prvku se nezdáka setkáváme s negativní reakcí laické veřejnosti na takto vznikající poranění. I když je minimalizace vznikajících ran jednoznačnou prioritou, je nutné si uvědomit, že bodový zásah fyziologicky neaktivnější povrchové vrstvy dřeva do hloubky několika centimetrů v podstatě nemůže vést k významnějšímu narušení fyziologického systému stromu. Pro šíření dřevokazných hub je v této vrstvě příliš vysoký obsah vody a vzhledem ke skutečnosti, že se jedná o fyziologicky neaktivnější vrstvu dřeva, strom zde disponuje neaktivnějším obranným systémem.

Využívání pasivních či aktivních rádiových čipů (RFID) je technologicky vyspělá metoda, která v současné době zažívá značný rozmach v celé řadě oborů. Principiálně se jedná o zavedení čipu do těla kmene (kam může do jisté míry zarůst, aniž by se výrazněji snížila jeho čitelnost), přičemž tento čip obsahuje unikátní alfanumerický řetězec, který je odeslán při aktivaci čipu rádiovým signálem ze čtecího zařízení. U aktivních čipů je možné do paměti čipu přímo ukládat informace.

Pro účely inventarizace stromů je vyvinuto několik systémů, založených na tomto principu a využívajících různé frekvence pro čtení signálu. Čipy jsou buď ve formě skleněného válečku, zavedeného do kmene v ochranném obalu, nebo v podobě šroubku, který je při aktualizacích pravidelně povolován.

Výhodou systému je, že je do značné míry nezávislý na zarůstání čipů. Čitelnost není poznamenána přibližně až do hloubky 25 cm. Jako nevýhody je nutné chápat značný nárůst ceny oproti konvenčním tagovacím metodám a nemožnost využívání bez počítačového vybavení. Vzhledem k tomu, že dosud nebyl vyvinut jednotný standard čtecích zařízení, je jistým rizikem i nutnost kompletního přeinstalování čipů v případě přechodu na jiný systém.

2.2 Taxon dřeviny

Taxonem je míněn druh, event. kultivar či varieta, dřeviny. Vzhledem k absenci českých ekvivalentů pro názvy kultivarů se pro označování dřevin při inventarizacích běžně používá pouze odborné názvosloví. Nutné je respektovat jak aktuální standard názvosloví, tak i pravidla pro jeho zápis.

Nomenklatura dřevin je totožná s nomenklaturou rostlin jako celku. Nomenklatura rostlin se zabývá vědeckým názvoslovím včetně hierarchických úrovní (tj. kategorií neboli ranků) taxonomických (resp. příbuzenských) skupin, tj. obecně taxonů rostlin, primárně druhů. Jména rostlin jsou plně závislá na akceptovaném taxonomickém pojetí. Nomenklatura rostlin je součástí celosvětově využívaného a historicky dlouhým vývojem vzniklého taxonomicko-nomenklatorického systému. Využívá dva názvoslovné systémy řízené dvěma mezinárodními nomenklatorickými kódy, či správněji kodexy (soubory pravidel a doporučení):

Mezinárodním kódem botanické nomenklatury, „International Code of Botanical Nomenclature“, zkráceně ICBN – viz GREUTER & al., 2000, který se zabývá názvoslovím v přírodě přirozenou cestou (evolucí) vzniklých skupin rostlin.

Mezinárodním kódem nomenklatury pro pěstované rostliny, „International Code of Nomenclature for Cultivated Plants“, zkráceně ICNCP – viz TREHANE & al., 1995, který se zabývá názvoslovím skupin rostlin existujících s přispěním člověka, tj. uměle vzniklých, vyselektovaných nebo záměrně udržovaných kulturních odrůd, tj. *kultivarů* rostlin.

Oba kódy jsou celosvětově vědeckou obcí akceptovaná univerzální pravidla pro výběr, tvorbu a používání jmen rostlin. Oba kódy jsou průběžně měněny a doplňovány v nepravidelných víceletých periodách vždy po odhlasování změn na Mezinárodním botanickém kongresu, resp. sympoziu komise pro NCP. Jména rostlin vytvořená v souladu s Kódem ICBN jsou označována jako *jména vědecká*, jsou původně z převážné části *latinská*, pokud pocházejí z jiných jazyků (hlavně z řečtiny, ale i z různých dalších jazyků), latinizují se, tj. je s nimi zacházeno podle latinské gramatiky, i když jejich původ je jiný. Naopak, z důvodu zřetelného odlišení, jména kultivarů rostlin vytvořená v souladu s Kódem ICNCP počínaje rokem 1959 musí být vytvořena z moderního jazyka, nikoli z latiny (latinská jména kultivarů jsou akceptována jen tam, kde starší kulturní odrůdy, popsané před uvedeným rokem jako botanické taxony, byly dodatečně přehodnoceny jako kultivary). Mimo pravidla Kódu ICBN se ustálil zvyk psát v tištěných textech vědecká jména rostlin – na rozdíl od jmen kultivarů – kurzivou (kromě označení úrovní taxonů).

Taxony (rostlin a shodně i živočichů), tj. kategorie třídění organizmů, jsou uspořádány do jednotného, závazného systému, kde jsou hierarchicky řazeny podle pevně zavedené řady úrovní, přičemž základní kategorií je druh (species). Nadřazenou kategorií nad druhem je *rod* (*genus*), dále vzestupně: *čeleď*, *řád*, *třída*, *oddělení* a *říše* (všechny rostliny jsou řazeny do jediné říše). Dále se rozlišují druhotné kategorie (úrovně): *tribus* mezi čeledí a rodem, *sekce* a *série* mezi rodem a druhem, *varieta* a *forma* pod úrovní druhu. U každé z uvedených hlavních i druhotných kategorií může být rozlišena podkategorie s latinskou předponou *sub-*, z nichž má v praxi největší význam úroveň poddruhu (*subspecies*).

Současná nomenklatura rostlin (i živočichů) využívá tzv. *binomický systém*, zavedený po polovině 18. století švédským přírodovědcem C. R. Linnéem. Datum vydání jeho základního díla *Species Plantarum*, 1. květen 1753, je považováno za výchozí časový bod platného zveřejnění vědeckých jmen a počátek moderní nomenklatury cévnatých rostlin (kapradorostů a semenných rostlin), jména publikovaná před tímto datem nepovažuje kód za jména platná. Podle tohoto binomického systému má každý ve vědě známý *biologický druh* své latinské jméno, které se skládá ze dvou částí (např. *Tilia platyphyllos*), tj. ze jména rodového, psaného s velkým počátečním písmenem, a jména druhového, chápaného jako přívlastek (epiteton). Výsledný *binom* (binární, tj. „dvojitý“ jméno) je doprovázen jménem nebo zkratkou jména původního autora (autorů), který druh pojmenoval a platně popsal (např. *Tilia platyphyllos* Scop.). Zkratky se používají u starších známých autorů a jejich forma je v dnešní době ve vědeckých pracích vyžadována v souladu s dílem „Brummitt & Powell: Authors of plant names, Kew, 1992“.

Jména taxonů vyšších úrovní než rod jsou jednoslovná, přičemž každá úroveň má svou ustálenou koncovku (např. jména čeledí mají koncovku *-aceae*, přiřazenou k jazykovému kmenu jména některého ze zahrnutých rodů, např. *Fagaceae*). Spojení rodového jména se jmény druhotných kategorií podřazených rodu (infragenerických), s druhovým epitetem a případně s dalšími epitety druhotných kategorií podřazených druhu (infraspecifických) se formálně nazývají nomenklatorické *kombinace*, přičemž před jmény druhotných kategorií musí být uvedena příslušná úroveň, nejčastěji standardně používanou zkratkou (např. *subg.* pro podrod, *sect.* pro sekci, *subsp.* pro poddruh, *var.* pro varietu, *f.* pro formu), např. *Pinus* L. *sect. Quinquifoliae* Duhamel (což je korektní jméno pro tzv. pětijehličkové borovice). Binomická jména druhů mohou tedy být doplněna o epiteton poddruhu, variety nebo formy, pokud byl u konkrétního druhu některý z těchto taxonů rozlišen a platně popsán (např. *Tilia platyphyllos* subsp. *cordifolia*).



Taxony rostlin považované za *křížence*, resp. taxony hybridního původu se označují nejčastěji matematickým symbolem násobení „×“ umístěným podle taxonomické úrovně a formy označení (druhým, méně obvyklým způsobem je připojení řecké předpony „*notho-*“ před označení úrovně taxonu, např. *nothospecies* pro křížence mezi dvěma druhy). Pravidla nomenklatury akceptují dvě formy označení kříženců: jednak tzv. *hybridní formulí*, která vznikne pouhým vložením symbolu „×“ mezi jména předpokládaných rodičů křížence [např. *Populus alba* L. × *P. tremula* L. nebo *Pyrus communis* L. × *Sorbus aria* (L.) Crantz], a jednak binární hybridní jméno [pro tytéž příklady viz *Populus ×canescens* (Aiton) J. E. Smith, resp. *×Sorbopyrus auricularis* (Knoop) C. K. Schneider], jehož vytvoření se řídí stejnými pravidly jako u vědeckých jmen nehybridních taxonů. Podle poslední verze pravidel botanické nomenklatury má být symbol „×“ umístěn bez mezery těsně před první písmeno hybridního jména, resp. jeho epiteta (pokud je místo symbolu použito písmeno „x“, je mezera vhodná), což se netýká hybridní formule.

Vědecká jména rostlin nemusí být vždy psána s jejich autory – je to vyžadováno jen v taxonomických nebo nomenklatorických pracích (obvykle s citací literárního pramene včetně strany a roku vydání nebo, v případě potřeby vyjádření časových vztahů, alespoň s uvedením roku v závorce za jménem autora) a tam, kde by vynechání *autorství* mohlo způsobit zmatek.

Názvosloví kulturních rostlin je sice kodifikováno prostřednictvím ICNCP (viz TREHANE & al. 1995), ale vznik **kultivarů** je fakticky iniciován snahou po získání novinek pro zahradnický obchod a zemědělskou, případně lesnickou produkci, jejichž společným jmenovatelem je ekonomika, nikoli věda, jako v případě botanické nomenklatury. Z tohoto důvodu vznikají nové kultivary rostlin méně koordinovaně a pravidla jejich názvosloví jsou v praxi (zejména zahradnické) méně přísně dodržována. Mezi základní pravidla pro formu psaní *kultivarových epitet* (tedy jmen kultivarů) patří jejich nelatinská podoba (zminěná výše) a nezbytnost jejich připojení k akceptovanému botanickému vědeckému, tedy latinskému jménu (v tištěných textech obvykle psanému kurzivou na rozdíl od kultivarového epiteta). V praxi se tedy kultivarová epiteta připojují nejčastěji za jména druhů, ale lze je připojit přímo za jméno rodu (pokud bližší zařazení není známo nebo dotyčný kultivar vznikl vyšlechtěním z více druhů), případně za jméno vnitrodruhového taxonu (subspecie nebo variety), který však bývá v praxi obvykle vynecháván.

Další důležité pravidlo striktně určuje používat velká začáteční písmena každého slova epiteta (kromě spojek a předložek). Označení kultivaru je dnes povoleno pouze apostrofy těsně před a těsně za epitemem, a to buď rovnými ('.....'), nebo ve formě jednoduchých horních uvozovek ('.....'), zatímco označení dvojitými uvozovkami ("....." nebo „.....“) nebo zkratkou „cv.“, případně „var.“ by nemělo být používáno. Délka epiteta kultivaru by úhrnem neměla překročit počet 10 slabik a 30 znaků a neměla by být tvořena pouze z obecných popisných slov v adjektivní formě (např. různé jazykové ekvivalenty slov jako „velký bílý“, „plný červený“ apod.), dále by neměla obsahovat botanické, obecné nebo lidové jméno (v jakémkoli jazyce) nějakého rodu nebo druhu rostliny samostatně (např. 'Camellia', 'Heather') nebo jako poslední slovo epiteta ('Perfect Rose', 'Red Kalmia'); rovněž by kultivarová epiteta neměla obsahovat slova „variety“ a „form“ ani jejich zkratku.

České názvosloví rostlin není, na rozdíl od mezinárodní vědecké (latinské) botanické nomenklatury a názvosloví kulturních rostlin, jednotně kodifikováno, tj. není vytvářeno a používáno na základě žádného závazného systému pravidel. Pro výběr a tvorbu českých jmen existují zásady vytvořené již J. S. Preslem v jeho „Rostlináři“ v roce 1820, tyto zásady v podstatě byly při tvorbě českých jmen zachovávány do současnosti a umožnily vytvořit a do jisté míry stabilizovat české jmenosloví pomocí určitých, poměrně jednoduchých principů. Česká jména rostlin mají stejnou stavbu jako jména vědecká (latinská), tzn. že pro vědecké jméno rodové existuje jedno české rodové jméno (např. *Fagus* – buk), dále pro druhy, poddruhy a nižší jednotky platí zásada, že za rodovým jménem (substantivem) následují přívlastky (epiteta), např. *Vitis vinifera* subsp. *sylvestris* – réva vinná lesní. Tento systém českých jmen je velmi výhodný pro používání a odvozování, jména druhů jsou často překladová a vystihují nějakou charakteristickou vlastnost rostliny (*aquaticus* – vodní, *albiflorus* – bělokvětý, *ramosus* – větevnatý, *esculentus* – jedlý apod.).



Česká jména domácích a u nás tradičně pěstovaných rostlin cizího původu představují výběr ze starých lidových názvů. Pro některé známé domácí nebo dlouhodobě pěstované druhy se u nás nezdá, že již v 19. století vžila také tradiční jména v substantivní formě, např. brčál barvínek, ostružiník ježíník, dub šípák, vrba jiva. Na upevnění českého názvosloví rostlin měla hlavní vliv botanická díla (rostlinopisy, květeny a klíče) určená pro školy a širší veřejnost, vydávaná začátkem 20. století (zejména Polívkovy rostlinopisy – viz např. POLÍVKA, 1900 nebo POLÍVKA & al. 1928) a po 2. světové válce (Dostálovky Květeny a Klíče – viz DOSTÁL, 1950, 1954). V poslední době, ovlivněné novým taxonomickým poznáním a moderními badatelskými metodami a po dlouhé pauze ve vydávání českých souborných botanických příruček, je české názvosloví domácích, zplanělých a běžně pěstovaných rostlin stabilizováno dosud neúplnou řadou šesti dílů Květeny ČR (HEJNÝ & SLAVÍK 1988–2000) a nedávno vyšlým Klíčem ke květeně ČR (KUBÁT & al. 2002). V zahradnické praxi se však běžně setkáváme s cizími rostlinami, které v těchto dílech nejsou zahrnuty. Pokud jde o cizí dřeviny použitelné pro naše venkovní klimatické podmínky, lze doporučit české názvosloví použité především v díle Jehličnaté a listnaté dřeviny našich zahrad a parků (KOBLÍŽEK, 2000), případně ve starších dendrologických příručkách (PILÁT, 1953, 1964, HIEKE, 1978).

2.3 Dimenze kmene

Jako základní charakteristika se parametry kmene stromů měří podle lesnických standardů v tzv. prsní neboli výčetní výšce, tedy v úrovni 130 cm nad zemí. Tuto výšku je třeba chápat jako úzus, jehož účelem je eliminovat při měření vliv kořenových náběhů.

Výjimkou z tohoto pravidla je měření alejových stromů, určených pro výsadbu. Výsadbové stromy se zapěstovanou korunou se měří obvodem kmene ve výšce 100 cm. Je to v důsledku respektování německého pravidla, podle kterého se i parametry kmenů dospělých stromů měří v této výšce.

Různé metodiky se liší v uvádění průměru či obvodu kmene. Výhodou měření obvodu kmene je, že se tak eliminuje případná nerovnoměrnost kmene v místě měření (eliptický kmen, boulovitost apod.). Nevýhodou, která značně omezuje možnost použití tohoto postupu měření, je vyšší časová náročnost na měření obvodů. Tento postup je vhodný u stromů s většími dimenzemi kmene (cca s průměrem větším než 160 cm), kde může být zjištění průměru komplikované nedostatkem disponibilních zařízení (průměrek) s tímto rozsahem. U běžných inventarizací se z praktických důvodů preferuje uvádění průměru kmene.

Při měření průměru kmene je třeba dbát následujících pravidel:

- průměr se měří vždy v kolmém směru k ose kmene (pozor u nakloněných stromů),
- v případě eliptického kmene se měří ve dvou směrech na sebe kolmých, přičemž jedna z os směřuje ve směru největšího průměru; jako dimenze kmene se pak uvádí aritmetický průměr obou změřených hodnot,
- v případě nerovnosti na kmeni v místě měření se průměr zjišťuje těsně nad nebo těsně pod touto nerovností,
- u dvou nebo více kmenů, větvičích se níže než ve výšce 130 cm, se měří všechny kmeny; u většiny metodik se z důvodu možnosti uvedení pouze jedné hodnoty dále uvažuje jen nejsilnější kmen; u některých metodik inventarizace se u více kmenů standardně evidují čtyři nejsilnější kmeny, ostatní se pomíjejí,
- pokud se strom větví právě ve výšce 130 cm, průměr měříme níže, v místě, kde ještě není patrné zesílení větvní vidlice.

Průměr kmene do jisté míry odráží věk stromu a jeho úspěšnost v kompetici s okolními jedinci. Je silně závislý na druhu stromu (viz např. roční tloušťkový přírůst *Ailanthus altissima* a *Quercus robur*) a na typu stanoviště. Tloušťkový přírůst lze ovlivnit uvolněním stromu z porostu, úpravou stanovištních poměrů a do jisté míry i úpravou koruny. Tloušťnutím kmene strom reaguje i na mechanické vnější podněty (např. na zátěž větrem). Nadměrná lokální činnost kambia může být i patologického původu.

Protože se na dynamice tloušťnutí kmene podílí více vlivů (nejen počet let růstu), není možné prostým měřením průměru usuzovat na přesné stáří stromu.



2.3.1 Přístroje pro měření dimenzí kmene

Pro zjišťování dimenzí kmene se používá několik typů přístrojů. Nejjednodušší je použití pásma pro měření obvodu kmene. V tomto případě se jedná o látkové pásmo (ocelová pásma nepřilnou k měřenému kmeni a vzniká tak systematická chyba), většinou s háčkem, který umožňuje zachycení v borce měřeného stromu. Vhodnou pomůckou je speciální stupnice se stupni po 3,14 cm, kterou je možné přímo odečítat průměr kmene bez nutného přepočtu.

Pro rychlé měření průměrů při běžných inventarizacích se nejčastěji používají dvouramenné průměrky. Tyto průměrky jsou v prodeji v různých rozměrech až do velikosti 170 cm, přičemž v arboristické praxi jsou nejčastěji využívány průměrky s délkou 65 cm. Pro velkokapacitní sběr dat je možné využít průměrku s elektronickým záznamem dat. Při využití těchto přístrojů se chyba při měření průměrů kmene pohybuje kolem 1 cm.

Pro hrubší odhady a pro měření stromů s menšími dimenzemi je možné využít jednoramenné průměrky, tzv. kosy. Jedná se o umělohmotný profil ve tvaru srpů se stupnicí na jedné straně, který po přiložení ke kmeni umožňuje odečíst jeho průměr na stupnici. U stromů s průměrem kmene cca nad 50 cm může být odečet značně nepřesný.

2.4 Výška stromu

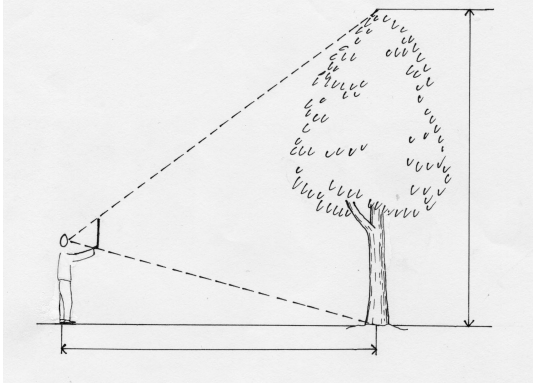
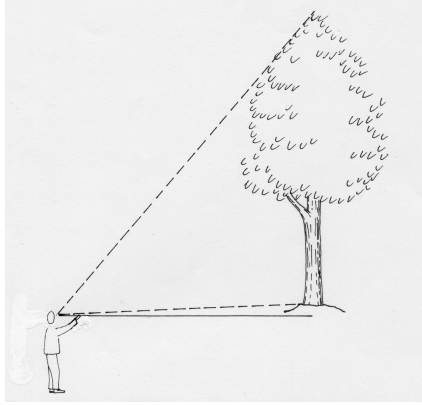
Výška stromu je druhou základní měřenou charakteristikou. Výška je definována jako vzdálenost mezi bází kmene a vrcholem koruny. Na rozdíl od měření průměru kmene je zjišťování výšky mnohem problematictější a v naprosté většině případů je nutné využívání nepřímých metod měření. Často se proto jen odhaduje.

Pro kvalifikovaný odhad výšky solitér je možné použít jednoduchý postup. Uřízněte kus rovné větve, který je stejně dlouhý jako vzdálenost mezi vaším okem a pěstí. Držte ho svisle na délku paže a jděte směrem od stromu tak dlouho, až budete mít v jedné lince vrchol větve s vrcholem stromu a její konec s bází stromu. Výška stromu se pak rovná vzdálenosti mezi bází kmene a vaším stanovištěm.

Pro některé účely (např. hodnocení statických poměrů stromu) je co nejpřesnější zjištění výšky stromu zcela nezbytné. Proto se používají různé konstrukce výškoměrů (Christenův, Blumeleisův, zrcadlový relaskop apod.). Principem ale stále zůstává měření na základě podobnosti rovnoramenných trojúhelníků. Pro zjištění výšky je třeba většinou znát odstupovou vzdálenost, z přístroje pak odečítáme přímo výšku.

U výškoměrů, založených na měření úhlů (princip rovnoramenného trojúhelníku), je nutné provádět vždy dvě čtení. První odečet provádíme po zacílení na patu kmene a druhý po zacílení na špičce stromu. Pokud strom stojí přibližně na rovině, je jeho pata pod úrovní oka měřitele. Proto se odečet provedený na bázi kmene přičítá k odečtu ze špičky koruny. Pokud strom stojí ve svahu a oko měřitele se nachází pod úrovní báze kmene, je třeba tato dvě měření od sebe odečíst pro získání finální výšky stromu.

Obr. 3 a 4: Princip měření výšek stromu v závislosti na umístění báze kmene vzhledem k pozici měřiče.

	
<p>Báze kmene je umístěna pod úrovní oka měřitele. Obě měření se sčítají pro získání finální výšky stromu.</p>	<p>Báze kmene je umístěna nad úrovní oka měřitele. Obě měření je třeba odečíst pro zjištění výšky stromu.</p>



Pokud máme k dispozici pouze sklonoměr, je možné zjistit výšku stromu jako:

$$V = \tan \alpha + \tan \beta$$

event.

$$V = \tan \alpha * \tan \beta$$

Podle výše uvedeného pravidla, přičemž:

α - úhel od vodorovné roviny ke špičce stromu,

β - úhel od vodorovné roviny k patě stromu.

Při měření výšek mohou vznikat dosti velké chyby. Nejčastějším zdrojem chyb je špatně změřená odstupová vzdálenost. Proto je nutné odstupovou vzdálenost nikoli krokovat, ale měřit (ať už pásmem nebo ultrazvukovým či laserovým dálkoměrem). Druhým zdrojem chyb je špatný odhad nejvyššího místa u stromů nakloněných, příp. u stromů s rozložitou korunou. Je třeba si uvědomit, že měříme výšku od místa, od něhož jsme určili odstupovou vzdálenost. Pokud je strom nakloněný nebo asymetricky rostlý, je nutné stanovit odstupovou vzdálenost od kolmice od vrcholu. V případě, že měříme odstupovou vzdálenost od kmene stromu, ale výšku měříme v jiné části koruny, může vznikající chyba dosahovat několika metrů.

Tento problém nastává především při využívání laserových dálkoměrů, cílených na kmen hodnoceného (většinou listnatého) stromu. V takových případech je tedy vhodnější využívání ultrazvukových dálkoměrů, u nichž lze referenční bod měření libovolně posunovat.

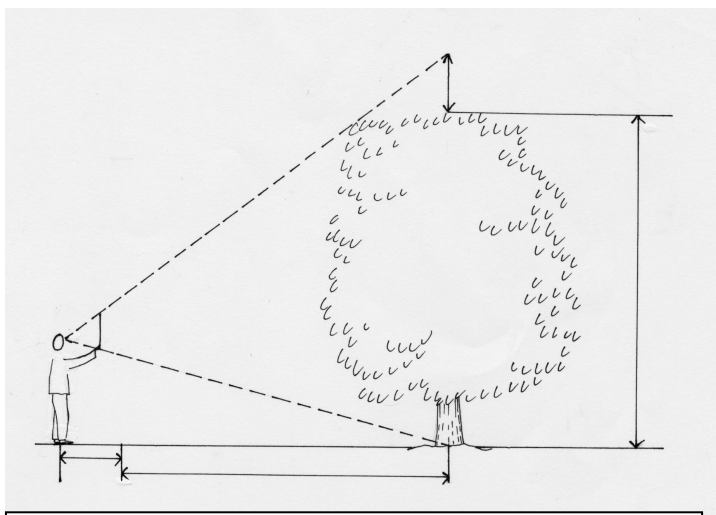
Výškový přírůst stromu je v korelaci s přírůstem tloušťkovým. Výšku stromu (a výšku založení koruny) nejvíce ovlivňuje stav okolí jedince. V porostu je strom v důsledku kompetice o světlo nucen vytvářet štíhlý a vysoký kmen s vysoko zavětvenou korunou, zatímco solitéry jsou spíše nízké s rozložitou, hluboce zavětvenou korunou. Poměr mezi výškou a průměrem stromu udává v lesnictví používaný tzv. *štíhlostní koeficient*, který vyjadřuje mj. i riziko poškození porostů bořivým větrem. U solitérních stromů se podobný typ výpočtu stability jedince provádí využitím metody WLA.

2.5 Průmět koruny

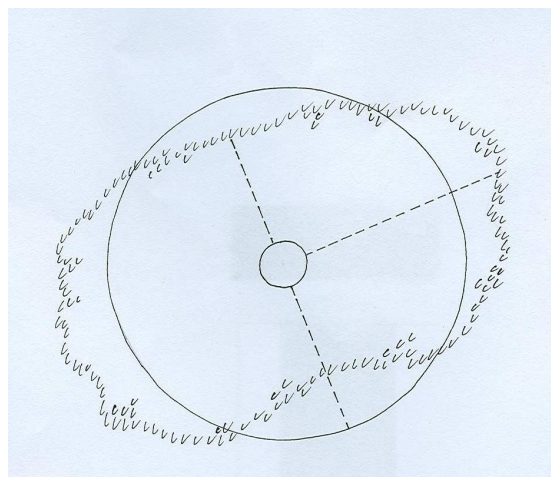
Pro zjištění velikosti plochy zastíněné korunou stromu a pro možnost rámcového usuzování na rozšíření kořenového systému se často měří i průmět koruny. Hodnota se většinou uvádí jako aritmetický průměr dvou na sebe kolmých měření.

Přesnost měření se udává v rozmezí ± 1 m. Je ovšem nutné si uvědomit, že skutečná přesnost (především u rozložitých korun) je mnohem menší. Problémy při měření mohou způsobit překrývající se větve ze sousedních stromů, silně asymetrické koruny, jednotlivé větve, vyčnívající z celkového obrysu, apod.

Velikost průmětu koruny je opět ovlivňována především druhem stromu a stavem okolního



Obr. 5: Schéma chyby vznikající při špatném odhadu vzdálenosti od nejvyššího místa koruny.



Obr. 6: Schematické znázornění měření průmětu koruny stromu.

prostředí – tedy okolním porostem nebo zástavbou. Postupnou výchovou od mládí jedince je možné průmět koruny silně ovlivňovat bez výraznějšího poškození jedince.

Hodnota průmětu koruny se využívá pro několik účelů. Z prostého znázornění situace v digitální mapě lze následně hodnotit hustotu porostu a zjišťovat umístění pro případné výsadby. Dalším využitím je výpočet objemu koruny např. kvůli oceňování stromů. V normě „Ochrana stromů, porostů a ploch pro vegetaci při stavebních činnostech“ (ČSN DIN 18 920) probíhá výpočet ochranného kořenového prostoru právě podle průmětu koruny dané dřeviny. Průmět koruny se využívá i pro výpočet objemu koruny v rámci metodiky oceňování dřevin dle AOPK ČR a pro výpočet ideální plochy koruny při stanovování ceníkové ceny ošetření – řezu – stromu.

2.6 Fyziologické stáří

Pro potřeby hodnocení stromů je ovšem možné uvažovat věk dřevin z poněkud jiného pohledu. Z hlediska potřeby zjištění míry poškození – a tedy předpokládané perspektivy jedince – není pro hodnocení příliš důležitý skutečný věk stromu, ale spíše vývojové stádium, v němž se nachází. Namísto „věku“ pak tuto charakteristiku označujeme jako „fyziologické stáří“ dřeviny. Stupnice pro hodnocení pak může vypadat následovně:

- 1 nově vysazený jedinec, neaklimatizovaný,
- 2 mladý aklimatizovaný strom ve fázi dynamického růstu,
- 3 dospívající jedinec, dorůstající do velikosti dospělého stromu,
- 4 dospělý jedinec, začíná se projevovat stagnace růstu,
- 5 starý jedinec, projevuje se ústup koruny,
- 6 senescentní jedinec - strom s postupně odumírající primární korunou.

Poslední dvě věkové kategorie se používají především při průzkumech zaměřených na hodnocení ekologického efektu stromů. Pro rozhodnutí, do které kategorie fyziologického stáří je třeba konkrétní strom zařadit, se používá dimenze (obvod) kmene. Vzhledem k různým růstovým charakteristikám dřevin je třeba rozlišovat i mezi hlavními taxony. Následující tabulka pochází ze Specialist Survey Method (SSM; FAY, DE BERKER, 1997), vyvinuté pro English Nature:

Zařazení stromů do senescentních stádií na základě průměru jejich kmene.

Fyziologické stáří	Druh stromu s rozmezím obvodu kmene pro danou kategorii		
	<i>Acer campestre</i> , <i>Taxus baccata</i> , <i>Sorbus spp.</i> , <i>Betula spp.</i> a další méně vzrůstné druhy	<i>Quercus spp.</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> , <i>Alnus spp.</i> , <i>Pinus nigra</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i> , <i>Tilia spp.</i> , <i>Aesculus hippocastanum</i> , <i>Castanea sativa</i> , <i>Ulmus spp.</i> , <i>Populus spp.</i> , <i>Fagus sylvatica</i> , <i>Salix spp.</i> , ostatní borovice a introdukované druhy
4	< 2 m	< 3,5 m	< 4 m
5	2 – 2,5 m	3,5 – 4 m	4 – 4,5 m
6	> 2,5 m	> 4 m	> 4,5 m

Při hodnocení ekologických funkcí stromů se užívá další termín, který souvisí s věkem stromu. Jedná se o termín veterán (*Veteran Tree*; READ, 2000).



3. Fyziologická vitalita

Fyziologickou vitalitu organismu (podobně jako ekologickou stabilitu ekosystémů) chápeme jako schopnost organismu kompenzovat vnější i vnitřní vlivy bez výrazného a trvalého narušení funkčnosti jeho jednotlivých složek (ČABOUN, 1990). Dvě základní složky tohoto parametru jsou odolnost a pružnost. Vitalita stromu tedy odráží dynamiku průběhu jeho fyziologických procesů – jeho životaschopnost (životnost) a jeho schopnost reagovat na podněty, přicházející z jeho okolí. Hodnocení vitality se provádí vždy nepřímo a vychází ze skutečnosti, že strom, aby mohl žít, musí přrůstat a musí reagovat na vnější podněty. Projevy těchto procesů jsou pak chápány jako doklad o úrovni jeho vitality.

Vitalita může být různá nejen u různých druhů na jednom stanovišti, ale mění se například i podle množství srážek v průběhu let. Je zřejmé, že ke změnám vitality dochází i v různých stadiích vývoje jednoho jedince. Při zařazování do stupňů vitality je proto třeba brát v úvahu jak druh stromu, tak i jeho fyziologické stáří (věk) a aktuální klimatické poměry (především bilanci srážek). Míra vitality je tedy do značné míry relativní veličinou, vztahující se k danému okamžiku hodnocení.

V případech, kdy je používána metodika hodnocení zaměřena čistě pragmaticky na minimální náklady na sběr dat a maximální efekt jejich následného využití, hodnocení vitality stromů se jako zvláštní hodnota zcela vypouští. Projevy snižování vitality se evidují pouze jako součást hodnocení provozní bezpečnosti stromů.

V literatuře je možné se setkat se stupnicemi složenými ze čtyř (ROLOFF, 1989) až deseti stupňů (FAY, DE BERKER, 1997).

3.1 Defoliace

Projevem vitality je například stupeň olistění, příp. defoliace (odlistění). Rozumí se jí ztráta asimilačního aparátu v porovnání s pomyslnou představou relativně zdravého jedince, rostoucího ve stejných stanovištních podmínkách (UHLÍŘOVÁ ET AL., 1996). Do hodnocení se nezahrnuje ztráta způsobená mechanickým způsobem, podmíněným např. odlomením větví, větrem, námrazou apod. Jedná se o nespecifický symptom poškození dřevin, které je působeno zpravidla více škodlivými faktory. Projevuje se zde vliv znečištění ovzduší, vodního stresu a kontaminace půdy, ale i řada biotických faktorů (listožravý hmyz, houbová či bakteriální onemocnění apod.).

Hodnocení defoliace bylo zahájeno v lesním hospodářství v 70. letech 20. století. Ukázalo se jako vyhovující pro zjišťování především industriálního poškození porostů. Jedná se o hodnocení procentuální ztráty asimilačního aparátu (tedy listů nebo jehlic) oproti ideálnímu stavu. Projevuje se zde jak množství listů či jehlic, tak i jejich velikost (především v případě listů) a distribuce v rámci koruny. Posuzuje se horní část koruny, neovlivněná zápojem.

Jako doplňkový údaj může sloužit velikost listů, změny jejich zabarvení, příp. rozšíření nekrot. V případě barevných změn se rozlišují žloutnutí (chlorózy) a hnědnutí, odumírání (nekrózy). V případě jehličnanů se hodnotí, zda jsou barevné změny lokalizované na starších či mladších ročních jehlicích.



Obr. 7 a 8: Schematické znázornění částí korun (tmavší), které nejsou brány v potaz při hodnocení defoliace stromů.

U jehličnatých dřevin lze parametr defoliace do jisté míry kvantifikovat spočtením ročníků jehlic. Projevuje se zde stresová reakce, v důsledku které dochází k odumírání a opadu jehlic, poškozených ať již nedostatkem vody pro transpiraci, nebo různým typem poškození (znečištění vzduchu, choroby, dysfunkce apod.). Čím menší počet ročníků jehlic je na jedinci zjištěn, tím horší je jeho schopnost získávání energie fotosyntézou. Např. u *Picea abies* se za „normální“ považuje přítomnost 6 až 10 ročníků jehlicí, u *Pinus sylvestris* 4 až 5 ročníků.

3.2 Změna formy větvních struktur

Dlouhodobý průběh vitality stromu se projevuje nejvýrazněji ve *změnách formy větvení* vrcholového výhonu. Tzv. fázový model růstu výhonů zpracoval A. Roloff (ROLOFF, 1989) pro nejdůležitější evropské listnáče. Jednotlivé fáze jsou charakterizovány rozdílným poměrem ve vývoji dlouhých a krátkých výhonů (makroblastů a brachyblastů).

Popis stádií vitality dle ROLOFF, 1989:

Stupeň vitality	Popis stavu
0 – fáze explorace	Z vrcholových i postranních pupenů každoročně vyrůstají dlouhé výhony. Koruna je hustá, zaoblená a síťovitě zavětvená hluboko dovnitř koruny, bez vyčnívajících větví. Husté olistění bez větších mezer, zasahující opět hluboko do vnitřku koruny.
1 – fáze degenerace	Z terminálního pupene se ještě každoročně vyvíjejí dlouhé výhony (i když poněkud kratší), ze všech bočních pupenů vznikají téměř bez výjimky výhony krátké. Tím se zřetelně ochuzuje větvení a vznikají „rozně“. Koruna je na okrajích roztřepená. V koruně se objevuje podíl suchých větví do 5 %. Ve vnitřku koruny je větvení – a tím i olistění – poměrně husté. Až do tohoto stupně převažují na okraji koruny ještě přímé a průběžné hlavní osy vrcholových výhonů.
2 – fáze stagnace	Všechny pupeny, včetně vrcholových, vytvářejí pouze krátké výhony. Tím prakticky ustává další větvení (krátké výhony se nevětví) a výškový přírůst stromu. Rovné a průběžné větve na okraji koruny chybí a jsou nahrazeny „pařátovitými“ větvemi. Řetízky krátkých výhonů s chomáčem listů na konci se za vegetace snadno lámou. V důsledku toho se vnitřek koruny nápadně prosvětluje, výhony s listy jsou nahloubeny v tenké vrstvě na okraji koruny. Jejich chomáčovitě uspořádání vede ke vzniku štětkovitých struktur a větších mezer v koruně.
3 – fáze rezignace	Vylamují se větší větve a odumírají celé partie koruny, včetně vrcholové. Pokračuje prosvětlování zbylých částí. Koruna se rozpadá na izolované „dílečky koruny“ a kostrovatí.

Výhodou této metody je možnost sledovat vývoj vitality stromu v průběhu minulých let. V případě odběru vrcholového výhonu je dokonce možné provádět i kvantitativní analýzu a dojít k velice přesným výsledkům, částečně srovnatelným s dendrochronologickou analýzou. Hodnocení je možné provádět nejen v době olistění, ale i mimo období vegetace. Jistou nevýhodou je, že ve struktuře větvení se neprojeví akutní pokles vitality v rámci krátkého časového úseku.

Podrobný popis metody je uveden v (ROLOFF, 1989) vč. tabulí zobrazujících růstové fáze pro nejvýznamnější druhy listnatých a jehličnatých dřevin. Použití této metody značně komplikuje skutečnost, že škála druhů, pro které je modelově zpracována, není příliš rozsáhlá a pro řadu introdukovaných druhů či kultivarů je fázový model růstu značně komplikované definovat.



Obr. 9: Znázornění malformací vrcholového výhonu *Fagus sylvatica* v jednotlivých stupních dle Roloff, 1989. Zleva fáze explorace, degenerace, stagnace a rezignace.

Při podrobnějších analýzách může být jako doplňkový parametr použita i kvantifikace délkového ročního přírůstu. V tomto případě je ovšem nutné respektovat různé chování dřevin při zakládání pupenů.

U dřevin s **vázaným růstem** dochází k založení finální délky výhonu již v pupenu, zakládaném v roce předcházejícím. U těchto dřevin je délkový přírůst ukončen poměrně brzy (již po dvou až čtyřech týdnech). Na délku vytvářeného přírůstu má proto zásadní vliv klima a energetické zásoby stromu v předcházejícím roce. Mezi tento typ dřevin patří např. *Quercus*, *Fagus*, *Carpinus*, *Fraxinus*, *Acer*, *Aesculus*, *Robinia*, *Tilia*, *Prunus*, *Pinus*.

Druhou skupinou jsou dřeviny s **volným růstem**. U těch se výhon vytváří převážně v době, kdy dochází k jeho prorašení. Růst pak probíhá kontinuálně po celé období vegetace podle konkrétních klimatických podmínek. Zástupci tohoto typu dřevin jsou *Populus*, *Salix*, *Alnus*, *Betula*, *Larix*.

3.3 Prosychání koruny

Jako další parametr fyziologické vitality je možné evidovat prosychání koruny. U této charakteristiky je velmi důležité správně interpretovat, která část koruny prosychá a z jakého důvodu. Je nutné eliminovat vlivy příliš husté koruny, event. zástinu okolními stromy. Hodnotí se opět především vrcholová část koruny a její obvodový plášť. Používaná stupnice je následující:

- 0 prosychání nezjištěno,
- 1 prosychání jedno až dvouletých výhonů bez patrné tendence dynamického rozšiřování proschlých částí,
- 2 prosychání silnějších větví, především v prostoru vrcholové partie koruny; patrná tendence dynamického ústupu koruny,
- 3 více než 40 % objemu koruny prosychá, pokračující tendence,
- 4 koruna z převážné části proschlá.

3.4 Vývoj sekundárních výhonů

Vývoj pařezových či kořenových výmladků a sekundárních výhonů v koruně a na kmeni může u určité skupiny druhů také vhodně doplňovat obraz o vitalitě jedince. K proražení tzv. sekundárních výhonů ze spících a adventivních pupenů dochází buď následkem změny okolních podmínek (např. dokácení sousedního stromu), nebo v důsledku nějakého typu stresu (poranění, snížení zásobování vodou). V případě stresové reakce se tak strom snaží eliminovat sníženou funkčnost asimilačních orgánů založením nových výhonů v níže položených částech koruny.

Komplikací při sestavení podrobné metodiky jsou značné rozdíly mezi vývojem sekundárních výhonů různými taxony – a to jak z hlediska kvantity, tak i z hlediska jejich lokalizace. Údaje o schopnosti vytvářet různé typy sekundárních výhonů jsou uvedeny v dendrologické literatuře (např. PEJCHAL, 1994).

3.5 Ostatní parametry

Mezi další parametry, které je možné pro hodnocení fyziologické vitality stromu použít, patří např. dynamika vývoje kalusu v okolí poranění, schopnost vytváření reakčního dřeva v místech evidentních špiček napětí (kořenové náběhy, nasazení větví) apod.

Absolutní hodnotu vitality včetně jejího vlivu na perspektivu jedince je v podstatě možné spolehlivě stanovit až po několikaletém pozorování. Pokud je třeba vitalitu posoudit z jednoho pozorování, musí být její určení založeno na jednotlivém či souhrnném zhodnocení co nejvíce charakteristik. Vždy je pak nutné vycházet ze skutečnosti, že se jedná o hodnotu relativní a v průběhu času se poměrně dynamicky mění.

Pro upřesnění tohoto typu hodnocení je možné využít některé z diagnostických přístrojů.

4. Zdravotní stav

Na rozdíl od fyziologické vitality odráží parametr zdravotního stavu stupeň mechanického oslabení a poškození jedince. Zdravotní stav je v některé literatuře označován jako *vitalita biomechanická* (PEJCHAL, 1994). Strom je z tohoto pohledu hodnocen podle úrovně svého mechanického narušení, stupně kolonizace dřevokaznými houbami, existence dutin, deformací růstu (nepříznivé umístění těžiště, růstové defekty) apod.



Hledisko zdravotního stavu je důležité především proto, že z významné části charakterizuje provozní bezpečnost jedince. Proto je vždy součástí i elementárních metodik hodnocení stavu stromů. V následujícím textu budou podrobně popsány hlavní symptomy, které jsou jako součást zdravotního stavu stromů hodnocené v rámci vizuálního šetření. Oblast hodnocení provozní bezpečnosti bude komplexně probírána dále v textu.

4.1 Typologie defektů

Označení dále popisovaných jevů jako „defektů a vad“ může být mírně zavádějící při hodnocení např. ekologického efektu stromů. V souvislosti s diskutovanou problematikou zdravotního stavu je třeba terminologii chápat v daném kontextu. Defekty a vady lze rozdělit na vady dřeva a na vady kmene. Budeme se věnovat především defektům jakožto modifikacím geometrie kmene, které ovlivňují chování stromu při zatížení.

Vliv defektů spočívá v tom, že narušují pravidelnost struktury dřeva ve kmeni a způsobují zvýšení napětí (v okolí děr, dutin a suků), případně je zde kmen mechanicky poškozen, a tudíž i oslaben. Každé takové narušení způsobuje změnu rozložení napětí ve dřevě, změnu chování kmene. Napětí se šíří dřevem (stejně jako jakýmkoli jiným hmotným prostředím) po vláknech celulózy, buňkami (elementy dřeva) a dřevními pletivy. Pokud je průběh těchto cest změněn (buď nutností obejít místo napojení větve, nebo stočením vláken), musí se změnit i směr šíření napětí. Dojde tak k rozkladu sil. Silová výslednice se rozkládá do dvou složek – ve směru podél a napříč vláken. Vzhledem k tomu, že pevnost dřeva je ve směru napříč vláken velmi malá, výrazně roste riziko porušení dřeva. Jsou zde totiž namáhány slabé vazby mezi vlákny celulózy a mezi buňkami.

Napětí obtéká všechny tyto překážky a kolem nich vznikají špičky napětí, extrémní hodnoty – podobně jako dochází k turbulentnímu a urychlenému proudění vody v okolí překážek vodních toků. U dřeva se tato místa mohou stát – vzhledem k zanedbatelné viskozitě – zdrojem vzniku prasklin a trhlin, které se pak šíří dále ve kmeni.

4.2 Popis hlavních typů defektů

Pro získání systematického pohledu na hodnocení stavu stromu jako konstrukce je vhodné studovat jednotlivé typy defektů s jejich vlivem na mechanické vlastnosti nosných prvků odděleně, i když se v praxi často vyskytují v nejrůznějších kombinacích. Často je zásadní otázkou nejen přítomnost, ale i rozsah a lokalizace defektu. V takových případech může být prosté vizuální hodnocení nedostatečné a je nutné přistoupit k dalšímu diagnostickému kroku (využití některé ze speciálních metodik, event. přístrojových metod hodnocení).

Studované defekty můžeme rozdělit podle oblasti vlivu na:

- defekty narušující odolnost proti zlomu,
- defekty narušující odolnost proti vyvrácení.

Podle způsobu vzniku můžeme defekty rozdělit na :

- habituální defekty
- poškození.

Defekty habitu jsou určité nedokonalosti ve tvaru a proporcích jednotlivých částí stromu. Mohou zvyšovat zatížení stromu (přeštíhlení), mohou narušovat plynulost toku napětí (tlakové vidlice, nevhodná struktura koruny, excentrická koruna), mohou být zdrojem vzniku porušení a trhlin (tlakové vidlice, sekundární výhony).

Poškození vznikají z různých důvodů a jsou zdrojem nepravidelností v toku napětí. Způsobují lokální odchylky silových proudnic, čímž může docházet i ke vzniku napětí, na které dřevo není optimalizováno (tah/tlak kolmo na směr vláken; BODIG, JAYNE, 1993). Vznikají trhliny, které se mohou šířit a mohou být i příčinou selhání stromu (MATTHECK, 1991, MATTHECK, BETHGE, 1998). Poškození zmenšují množství nosného materiálu (např. dutiny), případně zhoršují přenos napětí (např. otevřené trhliny výrazně snižují nosnost kmene v krutu a ohybu; MATTHECK, 1991, WESSOLLY, ERB, 1998). Umístění a rozsah poškození pak určuje i míru jeho nebezpečnosti (MATHENY, CLARK, 1994).

4.2.1 Defekty habitu

Jedná se o skupinu tvarových defektů korun stromů, které zvyšují či nevhodným způsobem modifikují zátěž, vznikající při vanutí větru.



4.2.1.1 Přestíhlení kmene

Přestíhlení kmene je stav, kdy je narušen poměr mezi výškou a průměrem kmene stromu. Výška stromu je příliš velká nebo průměr kmene příliš malý. Důvodem je dominance primárního (výškového) růstu, příp. fototropní růst. Habitus tohoto typu je charakteristický pro stromy, rostoucí v porostu. Důsledkem změny habitu je nedostatečný nosný profil pro absorpci vznikajícího napětí. Při uvolnění z porostu působí vyšší zatížení, strom však nemá vybudovanou stabilitu - dostatečnou ohybovou tuhost kmene. Zvyšuje se tak riziko selhání. Dalším důsledkem je zvýšená náchylnost k rozkmitání. Frekvence jsou nižší, vzniká vyšší napětí a opět se zvyšuje pravděpodobnost selhání.

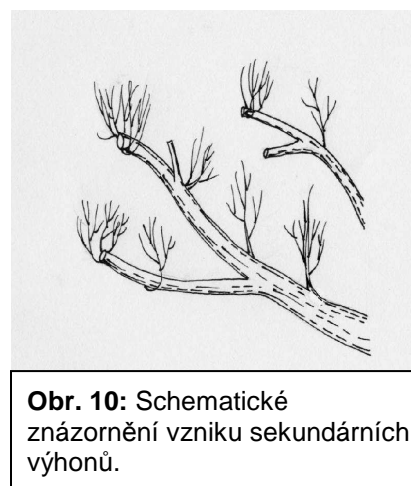
Defekt tohoto typu se vyskytuje u stromů v zahuštěných skupinách, v hustých alejích a v parkových porostech.

4.2.1.2 Sekundární koruny

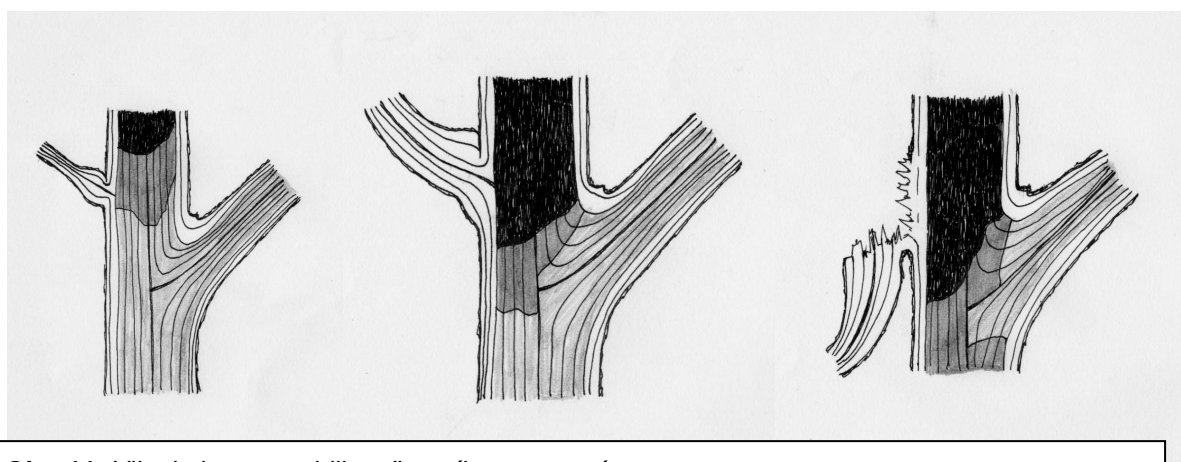
Jako sekundární koruny označujeme stav, kdy po zásadním rušivém vlivu nebo jako následek prováděného tvarovacího řezu dojde k novému vytvoření větší části koruny výhonky ze spících či adventivních pupenů. I při diagnostice zdravotního stavu a především provozní bezpečnosti stromů je nutné této oblasti věnovat patřičnou pozornost. V případě sekundárních korun lze totiž očekávat hned několik defektů, přičemž část z nich je značně obtížné samostatně zjistit pouhým vizuálním šetřením.

Na prvním místě se jedná o vlastní anatomii větvního nasazení sekundárních výhonů tvořících korunu. U běžných větví je větvní nasazení od vytvoření větve průběžně posilováno každoročním asynchronním přírůstem větve vyššího a nižšího řádu, čímž dochází k vytváření pevného spojení formou větvního límečku (SHIGO, 1991). Tento typ spojení je pevný proto, že množství dřeva, vytvářené oběma stranami spoje, je přibližně shodné. Popsaný mechanismus ovšem u sekundárních korun přestává fungovat. Zatímco tloušťkové přírůsty výhonů jsou značné, „hlavy“, na které tyto výhony nasedají, mají přírůst většinou již značně omezený. Proto je u sekundárních korun již vlastní větvní nasazení oslabené a daný typ výhonů se může snadno vylamovat.

Další významný problém je infekce kosterních větví. Při pravidelném opakování tvarovacích řezů dochází ke vzniku značného množství ran. Ty jsou s vysokou pravděpodobností v průběhu času infikovány některou ze dřevokazných hub. Rozsah infekce je tím větší, čím starší části dřevního válce jsou při odstraňování sekundárních výhonů obnaženy. Pokud je koruna pravidelnou redukcí držena v malých rozměrech, infekce kosterních větví většinou statické poměry stromu výrazněji neovlivňuje. Pokud je ovšem koruna ponechána samovolnému vývoji, vede postup rozkladu v nasazení kosterních větví často k jejímu rozpadu.



Obr. 10: Schematické znázornění vzniku sekundárních výhonů.



Obr. 11: Vliv dutiny na stabilitu větvního nasazení

Třetím vlivem, významným z hlediska hodnocení statických poměrů sekundárních korun, je fakt, že vývoj daného typu korun není regulovaný rovnováhou fytohormonů tak jako u korun primárních. Mezi jednotlivými výhony nefunguje apikální kontrola a všechny výhony tak spolu soutěží o přístup ke světlu, aniž by byly nuceny k plagiotropnímu růstu. Výsledkem je, že úhly nasazení jednotlivých větví jsou velmi ostré a často se mezi nimi vytvářejí defektní typy větvení – tlakové vidlice s vrůstající kůrou. V důsledku již zmíněného dynamického přírůstu výhonů se souběžně výrazně zvyšuje i riziko, které tento typ větvení představuje.

Při uvážení souběhu těchto defektů je zřejmé, že přerostlé sekundární koruny představují velice závažný faktor, výrazným způsobem zvyšující riziko selhání koruny stromu. Další komplikací je fakt, že nebezpečnost situace zůstává pro laika skryta za kompaktním habitem vitálního stromu. Řešení je přitom možné jen poměrně radikálními obvodovými redukcemi koruny (ÖNORM L 1122), v pokročilých stádiích dočasně dojištěnými bezpečnostní vazbou. U stromů s dobrou výmladností a odpovídající fyziologickou vitalitou je možné tyto redukce provést bez zásadních problémů. Podmínkou je postupné sesazování v několika etapách a kvalitní provedení vlastních prací. Nelze přitom pominout práci s veřejností, protože podobné rozsáhlejší redukce mohou vzbuzovat značně negativní reakci.

K problematice stromů s tvarovanými korunami je třeba uvést ještě několik důležitých poznámek. Stromy tohoto typu mají tendenci žít déle než stromy s korunami primárními (LONSDALE, 1999). Možným důvodem je skutečnost, že nevytváří vysoké rozložené koruny, jejichž nároky na zásobování vodou s přibývajícím věkem přesahují absorpční kapacitu kořenového systému a vodivou kapacitu aktivních xylémových pletiv. Důležitou skutečností je i redukovaná náporová plocha a nízké uložení těžiště, které významným způsobem snižuje celkovou zátěž stromu při větrném náporu.

Tyto stromy mají také tendenci vytvářet mnohem větší škálu ekologicky vysoce hodnotných prostředí pro vývoj dřevosidlujících organismů. Staré stromy s redukovanými korunami jsou proto nesmírně cenné z pohledu ekologického.

Z těchto důvodů není možné na stromy se sekundárními korunami pohlížet jako na negativní či výhradně defektní stav. Nebezpečí, které tyto stromy mohou představovat, je možné bez výrazných problémů řešit kvalitní a průběžnou péčí.

4.2.1.3 Nevhodný tvar koruny

Koruna stromu je v tomto případě složena z několika konkurenčních, kodominantních výhonů, rostoucích z hlavního větvení. Tvarem připomíná jakési koště. Jednotlivé výhony se stíní a omezují navzájem a zvyšují tak konkurenční tlak. Jedná se většinou o následek zanedbané péče v mládí stromu.

Jako defekt může být hodnocena i excentricita koruny nebo celého stromu (v případě náklonu). Určitá míra excentricity je běžná pro všechny stromy z důvodu nerovnoměrného osvětlení koruny (KUČERA, SKATEROVÁ, 2000). Excentricita většího rozsahu je většinou výsledkem buď poškození (odlomení kosterní větve, části koruny), nebo zvýrazněného fototropního růstu (zejména u alejových stromů). Dochází tak ke vzniku nevhodného typu zátěže nosných prvků.

Vzhledem k vlastnostem dřeva jako materiálu je jako nevhodný typ zátěže chápáno především namáhání v krutu (torze). Z tohoto pohledu jsou tedy problematické především případy výrazně asymetrických korun. Asymetrické koruny vznikají často v případě kompetice sousedních stromů o světlo. Architektura koruny je pak hlavně u světlomilných taxonů deformovaná možností růstu pouze v uvolněném směru. Tento stav nevytváří většinou problematické situace v případě, že je skupina intaktní. V okamžiku jejího rozvolnění a odkácení stromu, který byl příčinou zastínění, ovšem dochází k expozici předmětného jedince bočnímu náporu větru, který strom uvádí do torze. Obdobný stav je možné pozorovat v případě odstranění některých kosterních větví u vícekmennů. Tento stav lze do jisté míry řešit realizací postupného symetrizačního řezu. Hlavní pozornost by ovšem měla být věnována předcházení vzniku náhle exponovaných stromů s již vytvořenými asymetrickými korunami.

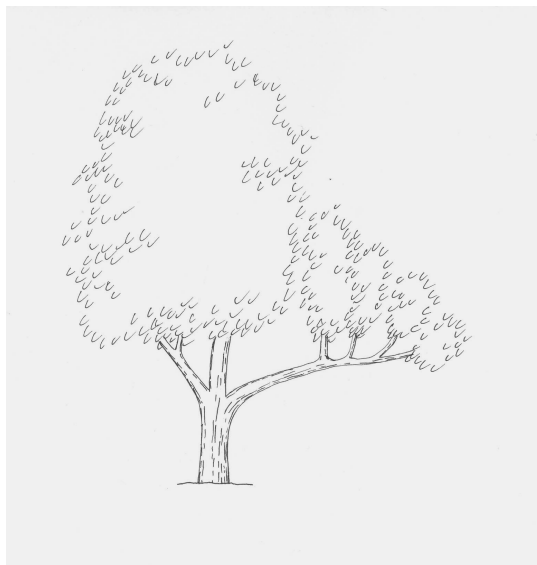
Podobný stav lze sledovat u bočně namáhaných kosterních větví, vyčnívajících z profilu koruny, zvláště pokud na nich v důsledku oslunění došlo k vývoji vzpřímeně rostlých sekundárních výhonů. I v případě, že tyto větve v místě nasazení vykazují dostatečný vývoj reakčního dřeva, může dojít k situaci, kdy se tyto větve za bočního větrného náporu odlomí v důsledku torzního zatížení. V podobných případech je nutné realizovat odlehčení koncových partií ohrožené větve, event. zakrácení či prořezání na ní rostoucích sekundárních výhonů.



Ke zvýšení ohybového momentu namáhání může dojít i v případě vyvětlování korun či jejich částí. Vyvětlování korun je žádoucí v případě nutnosti zajištění podjezdného či podchodného profilu a v některých případech i u stromů, rostoucích v blízkosti staveb. Podobné zásahy by ovšem měly probíhat postupně a s průběžným monitoringem stavu stromu. Při jednorázovém radikálním zásahu dochází ke změně vznikajícího ohybového momentu v důsledku zvýšení těžiště koruny a nosné prvky jsou tak při náporu větru vystaveny vyšší zátěži, než na jakou byly do té doby dimenzovány.

V některých případech se lze setkat s názorem, že vyvětlování korun či větví v rámci koruny vede ke snížení náporové plochy, event. k jejich odlehčení. Pro vyvrácení této představy je třeba si uvědomit, že síla větrného proudění se s přibývajícím výškou zvyšuje. Z toho plyne, že výše položené části jsou při přebírání energie z větrného náporu mnohem efektivnější. Pokud tedy ke snižování náporové plochy hodnocené části dochází ve směru od spodní (méně efektivní) části, výsledný moment se v důsledku zvyšování těžiště ve skutečnosti zvyšuje. Navíc se při tomto postupu zvyšuje riziko následného masivního vývoje sekundárních výhonů na nově osvětlených částech kmene a kosterních větví.

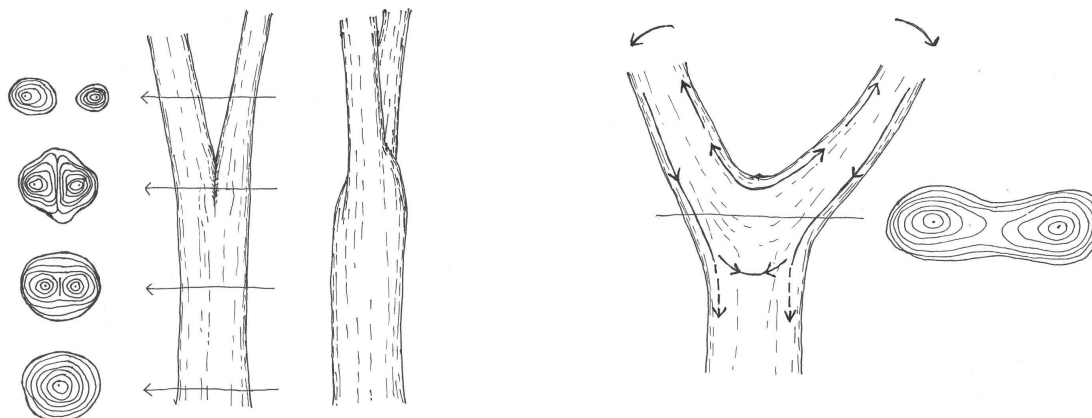
Posunutí těžiště koruny mimo osu kmene má za následek vznik trvalého ohybového momentu, ale hlavně vznik torzního zatížení při větrném náporu. Tento typ habitu má za následek změnu mechanického chování: větší náchylnost ke kmitání, menší ohybovou tuhost, než jaká by odpovídala výšce stromu.



Obr. 12: Asymetrická koruna s bočním posunutím těžiště části koruny.

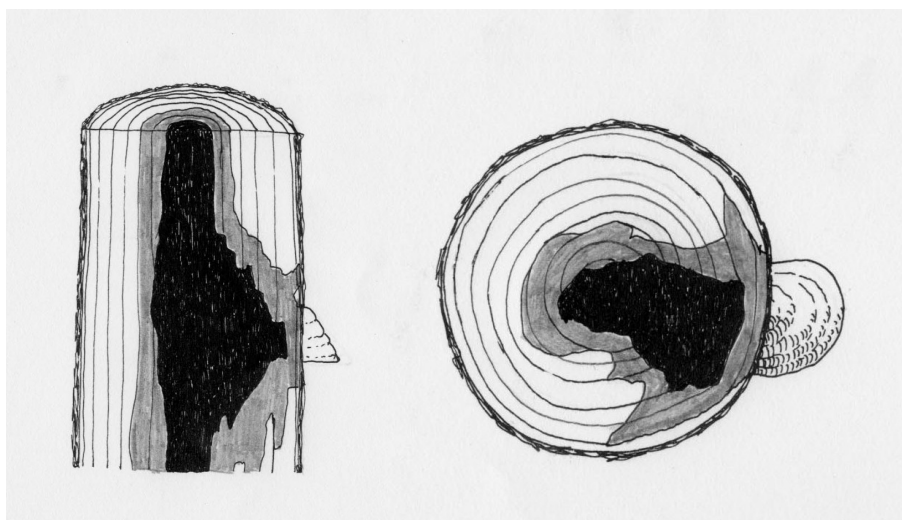
4.2.1.4 Defektní větvení, tzv. tlaková vidlice

Tlaková vidlice je poměrně častý růstový defekt. Jedná se o úzké větvení, v němž není prostor pro vytváření pevného propojení větví. Kůra, která je v normálním případě vytlačována mimo větvení a vytváří typický hřebínek, v případě tlakové vidlice zarůstá mezi větvemi, resp. větví a kmenem. Obě části vidlice jsou tak od sebe odděleny a nedochází k vytváření společného letokruhu. Plocha, která zajišťuje spojení obou částí vidlice, je tak zmenšena. Tím je také k dispozici menší množství chemických vazeb pro přenos napětí a klesá pevnost spojení. Strom reaguje na tento stav tvorbou rozšířených ploch po stranách vidlice, které vytvářejí typický tvar, připomínající uši. Touto rozšířenou plochou se strom snaží kompenzovat nedostatek plochy k propojení uvnitř.



Obr. 13: Srovnání vnitřní stavby tlakové (vlevo) a tahové (vpravo) vidlice

Dalším radiálním růstem výhonů dochází uvnitř vidlice ke zvyšování tlakového napětí (odtud termín tlaková vidlice). Spoj je tím destabilizován a stoupá pravděpodobnost jeho selhání. Opakem je vidlice tahová, která je považována za bezpečný typ větvení.



Obr. 14: Schematické znázornění vývoje dutiny následkem postupného rozkladu činností dřevokazné houby.

Asymetrická koruna s bočním posunutím těžiště části koruny.

Jedinou možností ochrany je udržování habitu stromu řezem, tedy včasné odstraňování kodominantních výhonů a úzkých větvení. Vznik tlakových vidlic je také vázán na taxon, některé jsou k jejich tvorbě náchylnější – zejména sloupovité kultivary (*Populus nigra* 'Italica'), častý je výskyt tlakových vidlic např. u lip (především *Tilia tomentosa*).

Problém tlakových vidlic je obzvláště významný u kodominantních výhonů. Jak uvádí SHIGO (1991), každoroční přírůst nového letokruhu dřeva začíná asynchronně mezi větví a kmenem (event. větví nižšího řádu) a tímto způsobem se v případě běžného větvení vytváří poměrně stabilní spoj vzájemně se překrývajících větvních límečků větve a kmene. V případě kodominantního větvení (tedy větvení tvořeného dvěma výhony stejné dominance v rámci struktury koruny) se dřevní válce těchto výhonů stýkají symetricky pod velmi ostrým úhlem bez tvorby větvního límečku. Proto mohou být poměrně snadno odděleny, zvláště v případě, že jsou navíc odděleny od určité míry právě vrostlou kůrou.

Evidence přítomnosti tlakových vidlic je velice důležitá, protože se jedná o defekt, v jehož důsledku dochází (obzvláště u některých taxonů) k největšímu podílu selhání zlomem. LONSDALE (1999) uvádí, že po vichřici v roce 1987 bylo z celkového množství selhání stromů zlomem 20% pádů čistě v důsledku přítomnosti tlakových vidlic u celkového počtu 18 druhů, přičemž u *Fagus sylvatica* toto procento činilo 52%.

4.2.2 Poškození

Poškození vznikají působením vnějších faktorů. Je narušena kompaktnost stavby stromu, jeho ochranný kryt borkou, uzavřenost vnitřního prostředí stromu. O závažnosti rozhoduje jednak rozsah, jednak lokalizace poranění.

Podle rozsahu může jít o povrchová poranění (stržení borky a obnažení lýka a dřeva) nebo o poranění, zasahující hlouběji do dřeva. Vážná jsou poranění, zasahující větší část obvodu kmene, rozsáhlé plochy kmene. Je jimi postižena vodivá funkce, při velkém rozsahu může dojít k úplnému přerušení zásobování vodou, minerálními látkami a asimiláty. Zároveň je uvolněna cesta pro vstup patogenních organismů. Obranné mechanismy stromu pak nemusí stačit k odizolování rozsáhlých poškození.

Při hlubším poranění dřeva dochází k embolizaci vodivých cest a jejich vyřazení z provozu, k otevření vstupu pro patogenní organizmy a v neposlední řadě může být strom přímým vlivem poranění destabilizován. Hlubší poranění, jako jsou trhliny a praskliny, mohou vyústit do vzniku dutin různého rozsahu. Problematická je velká rozloha poranění, která klade na obranné mechanismy stromu velké nároky. Otevřené vodivé dráhy umožňují rychlý postup patogenních organizmů, zejména dřevokazných hub. Zároveň je u rozsáhlých poškození nutné počítat se ztrátou části asimilačního aparátu a odpovídající části disfunkčního kořenového systému.

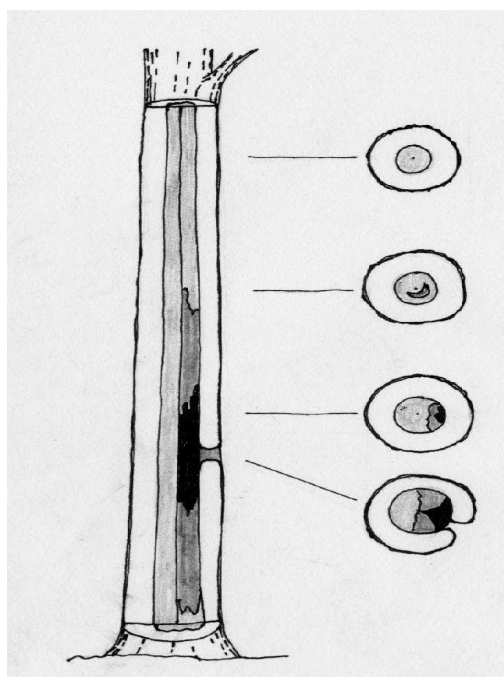
Lokalizace poranění má také velký vliv na reakci stromu. Nejnebezpečnější jsou poranění v místech, kde dochází ke sbíhání sil a vodivých cest, tedy ve větveních, v místě hlavního větvení a na bázi kmene. Poranění kmene je nebezpečné proto, že tato část stromu zajišťuje propojení kořenového systému a koruny a sdružuje veškeré vodivé dráhy do malého prostoru.

Poranění báze kmene postihuje intenzivně namáhanou část kmene. Působí zde největší ohybový moment - všechny síly, které strom zachytí (ohybové a torzní namáhání v důsledku větrného náporu) nebo přenáší (zatížení vlastní hmotností, přídatné zátěže), procházejí tímto místem, aby se energie deformace mohla rozptýlit v půdě. Je to tedy místo extrémně zatížené. Navíc je při průniku patogenních organizmů otevřena přímá cesta do kmene a kořenů, v cestě nestojí silné ochranné bariéry, jako jsou závitkové zóny větevního nasazení. Šíření dřevokazné houby tak může být velmi rychlé, zejména v podélném směru.

Intenzivně namáhané místo je také hlavní větvení a větvení vůbec. Jedná se o místa změny směru vektorů napětí a také místa kumulace napětí. Sbíháním sil dochází ke skládání a rozkládání sil a ke vzniku jiných než normálových napětí (tlak a tah ve směru vláken). Případné poškození má za následek úbytek nosného materiálu (zvláště je-li spojeno s infekcí) a změnu jeho charakteristik. Tím se mění mechanické chování spojení a stoupá pravděpodobnost selhání.

Poškození kořenů není možné vizuálními metodami přímo zjistit. V případě intenzivních stavebních prací v blízkosti kmene lze poškození předpokládat, zvláště byla-li k práci použita stavební technika. Případná prezence plodnic dřevokazných hub také upozorňuje na možné poškození kořenové soustavy (např. *Meripilus giganteus*, *Coprinus* spp., *Armillaria* spp.).

Poškozený kořenový systém zabraňuje přenosu mechanické energie do půdy a její dissipaci třením mezi kořeny a půdou. Zbylé kořeny musí přenášet větší napětí. Zvyšuje se tak pravděpodobnost vyvrácení. Navíc, jak je uvedeno výše, běžná vizuální kontrola poškození kořenového systému (tj. existenci ani rozsah) většinou nemůže postihnout. V tomto případě jsme odkázáni jen na přístrojové zkoušky provozní bezpečnosti.



Obr. 15: Schematické znázornění vývoje dutiny ve kmeni stromu.

4.2.2.1 Trhliny

Trhliny narušují celistvost kmene či větví. To má vliv na mechanické chování stromu. Zvyšuje se náchylnost k selhání především při namáhání krutem. Otevřené profily mají sníženou torzní tuhost. Narušením celistvosti dochází ke snížení možnosti přenášet smyková napětí, která při torzním namáhání vznikají. Také při ohybu je otevřený profil náchylný k prolomení profilu. Dochází k neodhadnutelné změně průřezu a tím i ke změně ohybové tuhosti (její geometrické složky I). Chování takového kmene je těžko předvídatelné.

Trhliny vznikají tehdy, když příčně působící napětí překonají pevnost materiálu. Nejznámější jsou tzv. mrazové trhliny. Vznikají tehdy, když se ochladí povrchové vrstvy dřeva a dojde k jejich smrštění, zatímco teplejší jádrové dřevo si zachová svůj objem. Vznikají silná tahová příčná napětí, která mohou zapříčinit vznik trhliny. Tahová pevnost dřeva ve směru kolmo na směr vláken je nejmenší ze všech, pohybuje se do 5 MPa (POŽGAJ ET AL., 1997).

Na začátku a konci trhliny také dochází k rozkladu sil. Tyto body působí jako intenzifikátory napětí. Vznikají špatně přenášená příčná zatížení, která mohou působit další nekontrolovatelné šíření trhliny.

Trhliny jsou vstupní branou pro infekci dřevokaznými houbami. Protože často zasahují velkou část kmene a mohou být hluboké, izolace tak velké části kmene je energeticky náročná, výsledek je nejistý. Strom zároveň ztrácí velkou část zásobní kapacity kmene a část vodivých drah.

Při hodnocení trhlín je vhodné si všimnout následujících symptomů, které pomáhají při určení rozsahu tohoto defektu a jeho případného dalšího šíření (LONSDALE, 1999):

- Vývoj kalusu podél trhliny. Trhlina je poranění, kalus v jeho okolí proto reaguje podobně jako v případě jakékoli jiné rány. Pokud není vývoj kalusu patrný, je trhlina buď velmi čerstvá, nebo má hodnocený strom velice špatnou vitalitu.
- Poměrně dobrým symptomem je, pokud je trhlina uzavřena vytvořeným žebrem s tupým úhlem vrcholu. Pokud je úhel ostrý a v jeho vrcholu je patrný kontakt dvou žebér s vrůstající kůrou bez patrného srůstu, jedná se o známku trvalého pohybu v rámci trhliny. Tento stav je považován za vážný.
- Zatímco vliv jednostranné trhliny na mechanickou nosnost kruhovitého profilu není zásadně významný, k signifikantnímu snížení nosnosti dochází při vytvoření průběžné trhliny celým profilem. Je proto nutné věnovat zásadní pozornost případům, kdy je trhlina patrná na obou stranách hodnoceného kmene či větve.
- Trhliny mají zásadní důležitost v případě souběhu více defektů – především v souvislosti s tlakovými vidlicemi, event. infekcí kmene.

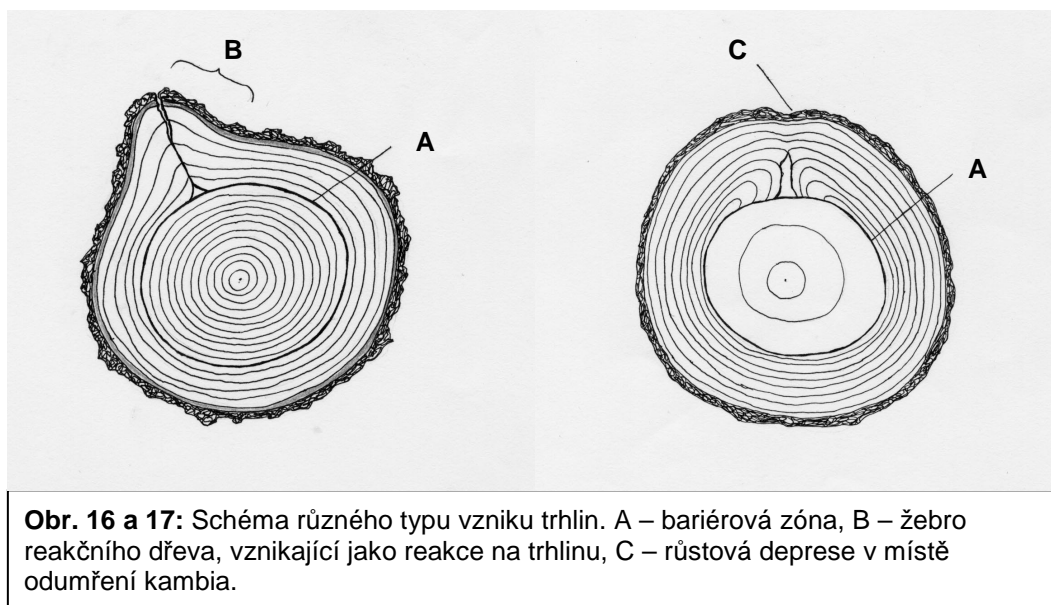
Často se jedná o poslední viditelný symptom před finálním selháním celého stromu nebo jeho části. Proto je nutné velmi podrobně evidovat nejen vliv existujících trhlín na aktuální statické poměry postižené části, ale především příčiny jejich vzniku.

V případě, že nedojde k zacelení trhliny, ale dvě vrstvy kalusu se stýkají pouze plochou kůry, může dojít ke vzniku zarolované trhliny. V důsledku přirůstání dvou vrstev kalusu dochází k odtlačování a dalšímu rozevírání trhliny, což může postupně vést až ke vzniku sekundární trhliny na protilehlé straně kmene. S tímto typem defektu vždy souvisí extenzivní infekce vnitřní části kmene.

4.2.2.2 Mrazové trhliny

I když se jedná pravděpodobně o nejznámější příčinu vzniku trhlín ve kmeni stromů, je prudký pokles teplot ve skutečnosti problémem především u stromů mladých a u druhů s tenkou borkou. V takových případech skutečně mohou vzniknout trhliny čistě v důsledku špatné tepelné vodivosti dřeva jako materiálu při prudkém sestupu teplot (zatímco vnitřní vrstvy jsou ještě ohřáté = roztažené, vnější letokruhy se v důsledku poklesu teploty ochladí = smrští). V ostatních případech smršťování dřeva v důsledku nízkých teplot vede pouze ke zvětšování (zviditelňování) trhlín již existujících. Ty jsou tak v zimním období více patrné než v období s vyššími teplotami.





Obr. 16 a 17: Schéma různého typu vzniku trhlín. A – bariérová zóna, B – žebro reakčního dřeva, vznikající jako reakce na trhlínu, C – růstová deprese v místě odumření kambia.

4.2.2.3 Korní spála

Dalším důvodem pro vznik trhlín může být lokální odumření kambia v důsledku přehřátí pletiv slunečním zářením. Tento jev bývá označován jako korní spála a v průběhu dalšího tloušťkového přírůstu kmene vede ke vzniku podélných poranění, která mají vzhled trhlín. Tento typ defektu vzniká především u nově vysazených stromů s nedokonalou ochranou kmene, na horní straně větví dospělých stromů u druhů s tenkou borkou (na tomto místě je třeba zmínit především *Platanus x hispanica* a kultivar *Fagus sylvatica* 'Pendula') a v některých případech i na jižní straně kmenů stromů po náhlém uvolnění.

V místech, kde dojde k odumření kambia, již nadále nemůže docházet k tloušťkovému přírůstu. I když je poranění následně překryto kalusem, vytváří se zde růstová deprese a později často trhlina. Ta se může vytvořit i ve vyšším věku jako následek přetížení dříve poškozeného nosného prvku.

Přítomnost tohoto typu trhlín na horní straně silných kosterních větví lze velmi obtížně detekovat při běžném vizuálním hodnocení. Navíc jsou tato otevřená poranění velmi často vstupní branou pro průnik infekce dřevokaznými houbami, která následně dále zvyšuje závažnost defektu. V případech, kdy existuje podezření na výskyt tohoto typu defektu na sledovaném stromě, je nutné vykonat kontrolu stavu nosných kosterních větví s využitím stromolezecké techniky.

4.2.2.4 Obvodové trhliny

Trhliny se ve dřevní části stromů nemusí vyvíjet pouze v axiálním směru, ale mohou se vytvářet i mezi letokruhy. V některých případech se jedná o reakci na vytvoření bariérové zóny (viz CODIT), založené jako reakce na poškození nebo infekci.

Obvodové trhliny nejsou samy o sobě nebezpečné ve smyslu rizika selhání části stromu, ale problematické mohou být v případě souběhu více defektů. Obzvláště nebezpečný může být tento typ trhlín v souběhu s namáháním postižené části větve či kmene krutem – tedy například v souvislosti s asymetrickou korunou.

4.2.2.5 Důsledek růstových depresí

V případě, že se uvnitř dřevního válce šíří houbová infekce, může v pokročilejších stádiích dojít i k lokálnímu zasažení kambia. V takovém případě dochází k jeho odumření a následně vytvořená růstová deprese opět vede ke vzniku viditelné trhliny.

Tento typ trhlín se nejčastěji vyskytuje u starých stromů, často s výrazně zhoršenou vitalitou (event. u jedinců rostoucích ve zhoršených stanovištních poměrech). Z trhlín tohoto typu je možné často sledovat tzv. *bakteriální výtok*, tedy výtok tmavě zabarvené kapaliny, indikující, že ve kmeni dochází k dalšímu aktivnímu postupu infekce a k odumírání parenchymatických buněk při tvorbě reakční zóny (viz CODIT).



V městském prostředí tento typ trhlín často sledujeme na *Acer platanoides*. Obecně je možné zjišťovat výskyt těchto trhlín na stromech s přerostlými sekundárními korunami, kdy je infekce těchto výhonů pravidelným problémem.

Tvorba trhlín ve dřevní části je projevem trvalých (plastických) změn v materiálu nosných prvků těla stromu. Na kmeni či větvích stromů se projevují buď jako patrné podélné separace dřevních částí, nebo jako vystouplá žebra (následkem vývoje ránového a reakčního dřeva kolem jejich okrajů).

4.2.2.6 Přetížení nosného prvku

Ke vzniku trhlín může dojít i prostým přetížením materiálu nosného prvku bez předchozí přítomnosti defektu. Jedná se především o případy, kdy v důsledku extrémního náporu větru (např. po uvolnění stromu z porostu) dojde k náhlému zvýšení úrovně mechanického namáhání daných částí. Protože strom nemá čas na akutní zvýšení zátěže zareagovat vývojem reakčního dřeva, může dojít k přetížení některých částí a tím ke vzniku trvalých změn ve struktuře materiálu.

Obdobný stav může vyvolat i nevhodný typ řezu – vyvětvení koruny či její části, kdy v důsledku zvýšení těžiště dojde k celkovému zvýšení finálního ohybového momentu, působícího na místo větvního nasazení.

K přetížení nosných prvků dochází i v případě výše popsaných růstových defektů. Trhlíny pod tlakovými vidlicemi často doprovázejí pokročilejší stadia tohoto defektu a indikují stav, kdy je rozpad oslabeného typu větvení již vysoce pravděpodobný. Protože trhlíny představují bránu pro průnik houbové infekce do již předem oslabeného větvení, jedná se často o stav, který nelze řešit stabilizačním zásahem.

MATTHECK (1991) upozornil na případ, kdy dochází ke vzniku podélných trhlín ve vykloněných větvích a kmenech, označovaný jako *hazard beam* (LONSDALE, 1998). Tyto nosné struktury jsou pod laterální zátěží, která působí především ve vnitřní části dřevního válce – neindukuje tedy v počátečních stadiích pozitivní reakci kambia. Trhlína se pak šíří zevnitř a začíná být patrná až po proniknutí do obvodových pletiv. Zajímavým faktorem u tohoto typu trhlín je, že jejich rozsah je délkově limitovaný, protože na koncích se vytváří vnitřní tlak, který zamezuje jejich dalšímu šíření. Tento typ trhlín je možné nalézt u širokého spektra dřevin, zvláště náchylný se jeví být druh *Aesculus hippocastanum*. I když jsou trhlíny tohoto typu relativně časté, selhání větví v jejich důsledku je poměrně vzácné a projevuje se spíše při souběhu několika defektů (infekce, asymetrická koruna apod.). Stabilizaci tohoto typu defektu je možné provádět založením bezpečnostní vazby.

V případě, že je kmen výrazně točitý, může při torzním zatížení z opačné strany (proti směru točitosti) dojít ke vzniku trhlíny v důsledku rozlepení buněčných stěn dřevních vláken. MATTHECK (1991) přirovnává vznik tohoto typu trhlín k oddělení pramenů lana, pokud je točené proti směru jejich uložení. Kritický typ zátěže může nastat při turbulencích nebo v případě asymetrické koruny stromu. I když se tento typ trhlín nejvíce jeví jako jedna z hlavních příčin selhání stromů, může k němu dojít při souběhu více defektů.

V případě, že dochází k postupnému zlomu nakloněného stromu či větve, je možné sledovat na tahové straně přítomnost horizontálních trhlín, příp. na straně tlakové vznik vyboulení, event. varhánkování (a to nejen v oblasti krycích pletiv, ale i ve dřevní části). Tento typ symptomu lze ovšem nalézt jen poměrně vzácně, protože zpravidla bezprostředně předchází pádu stromu či odlomení jeho části.

Příčinou vzniku trhlín mohou být také silné poryvy větru nebo silné torzní namáhání. Může dojít k iniciaci trhlín v malém rozsahu, následně další namáhání může velikost trhlíny zvětšit. Trhlínu může také iniciovat zásah bleskem či jiné poranění.

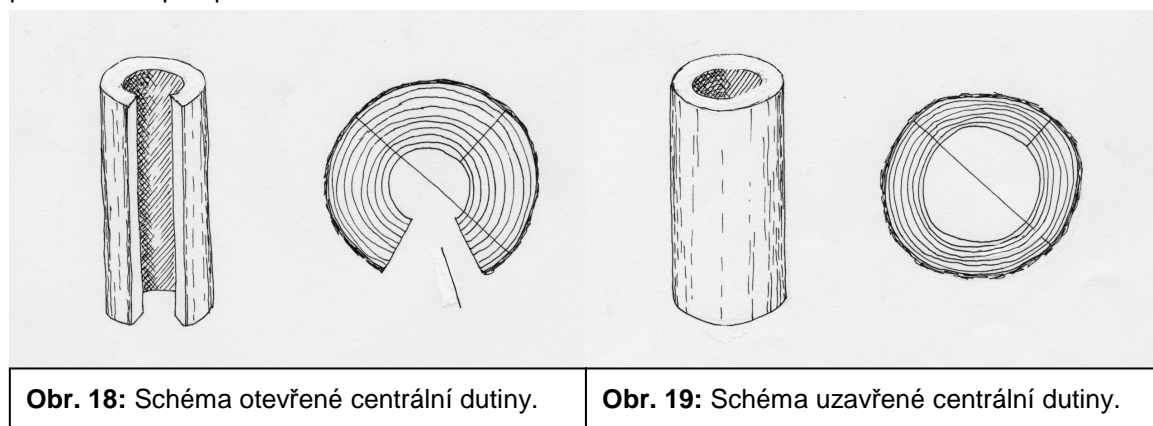


4.2.2.7 Dutiny

Dutiny vznikají jako následek rozkladu dřeva v důsledku činnosti dřevokazných hub. Vliv dutiny na mechanické chování stromu se liší podle jejího rozsahu a lokalizace.

Důležité je, zda se jedná o dutinu otevřenou nebo uzavřenou. Uzavřené dutiny, pokud mají dostatečně silnou zbytkovou stěnu a pokud strom může reagovat dalším tloušťkovým přírůstem, nepředstavují velké riziko pro stabilitu stromu. Jak vyplývá z teorie ohybu, největší napětí přenáší obvodové části nosníku – kmene. Z určitého hlediska tak může být dutý profil kmene i výhodou, protože strom není zatížen nutností ochrany dřeva uvnitř kmene. Jako příklad lze uvést, že kmen s průměrem 50 cm a s centrální dutinou o průměru 25 cm má ještě 93,75% ohybovou tuhost. Od určitého průměru kmene stromu (150 cm dle WESSOLLY, 1996) nebyl ve sledovaném vzorku populace stromů zjištěn ani jediný, který by neobsahoval určitý podíl rozloženého dřeva v centrální části kmene – centrální dutiny je tedy nutné chápat jako běžnou součást životní strategie některých druhů stromů od určitého vývojového stadia.

Problémy vyvstávají u dutin, které nemají dostatečně silnou zbytkovou stěnu. Takový strom je samozřejmě destabilizován a hrozí jeho selhání. Také tam, kde se patogenní organizmy dynamicky šíří a strom je zatím nedokázal izolovat. Záleží na rychlosti tloušťkového přírůstu stromu – tedy zda přírůstek hmoty nahradí úbytek. Je však nutné podotknout, že zde neplatí přímá úměra – efektivita je posunuta ve prospěch stromu.



Obr. 18: Schéma otevřené centrální dutiny.

Obr. 19: Schéma uzavřené centrální dutiny.

Otevřené dutiny jsou vždy větší problém pro provozní bezpečnost stromu než dutiny uzavřené. Otevření profilu snižuje kapacitu pro přenos smykového napětí (např. při torzním namáhání) a při přenosu příčných napětí (při ohybovém namáhání). Vzniká také větší nebezpečí poškození bariérové zóny a reakčních zón působením člověka nebo biotických faktorů. Nicméně strom je schopen i otevřenou dutinu úspěšně stabilizovat vytvářením mohutných vrstev dřeva na okrajích dutiny (kalusový val).

Lokalizace také ovlivňuje vliv dutiny na provozní bezpečnost. Nejnebezpečnější jsou dutiny v úžlabí větví, kdy ztráta materiálu může postihnout i závitkovou zónu větvního nasazení. Snižuje se tak pevnost uložení větve. Totéž platí i pro hlavní větvení. Kritické jsou také dutiny na bázi kmene, kde je koncentrováno nejvíce sil - působí zde největší ohybový moment.

Rozklad činností dřevních hub může probíhat v několika typech hnilob s různým vlivem na mechanické vlastnosti dřeva. Efektivita obranné reakce napadeného stromu je dána několika faktory, z nichž nejdůležitější jsou:

- rozsah iniciálního poranění („vstupní brány“),
- schopnost kompartmentalizace daného taxonu (viz CODIT),
- úroveň fyziologické vitality daného jedince,
- strategie kolonizující houby.

Při posuzování stromů v širším kontextu ovšem nelze pominout především u tohoto typu symptomu značný ekologický význam, který prostředí dutin a rozloženého dřeva představuje pro širokou škálu organismů (často i kriticky ohrožených).

Posuzování „dostatečnosti“ zbytkové stěny dutin lze provádět buď pomocí vizuálních metod (SIA), nebo v komplikovanějších případech využitím některého z přístrojových testů. Značné kritice byl podroben přístup k hodnocení zbytkové stěny dutin metodou VTA (WESSOLLY, ERB, 1998), používající pro uzavřené dutiny jako rozhodující faktor poměr šířky zbytkové stěny proti poloměru kmene (t/R). MATTHECK (1991) doporučuje jako rizikové hodnotit všechny stromy, u nichž je tento poměr menší než 0,3 až 0,35. To u stromu o průměru kmene 60 cm znamená minimální sílu zbytkové stěny kolem 10 cm. Data pro sestavení tohoto modelu byla s vysokou pravděpodobností získána ze stromů, rostoucích v lesních porostech, proto lze platnost tohoto vztahu akceptovat pouze u relativně mladých jedinců. U stromů větších průměrů jsou požadavky na nutnou zbytkovou stěnu neúměrně nadhodnocené – např. u stromu o průměru 100 cm by požadovaná zbytková stěna činila 17 cm (pro srovnání: podle metody WLA by pro lípu tohoto průměru s výškou 25 m byla požadovaná minimální zbytková stěna 5 cm). Dalším značně problematickým bodem je, že metoda VTA při uplatňování tohoto vztahu naprosto pomíjí výšku stromu, nutnou pro odhad skutečné zátěže, která na hodnocený nosný profil působí.

Následující tabulka ukazuje výčet vybraných 18 stromů, u nichž byla metodou tahových zkoušek prokázána odolnost proti zlomu a vypočtena střední zbytková stěna dutiny. Vzhledem ke skutečnosti, že se jedná o staré stromy se značnou dimenzí kmene, stále vykazují odolnost proti zlomu, pohybující se nad 100%, i když je poměr t/R hluboko pod hodnotou, požadovanou autorem metody VTA.

Srovnání změřené provozní bezpečnosti stromů se zbytkovou stěnou jejich dutin podle (WESSOLLY, 1995).

Č.	Výška stromu	Obvod kmene ve výšce 1,2 m	Náporová plocha koruny	Odolnost proti vývratu	Odolnost proti zlomu	Zbytková nosná kapacita	Střední zbytková stěna dutiny	Poměr zbytkové stěny k poloměru kmene	Odolnost proti zlomu plnodřevného kmene
	m	cm	m ²	%	%	%	cm	t/R	% zaokrouhleno
1	23	610	360	160	375	31	10	0,1	1 200
2	22	462	282	230	385	45	10	0,13	860
3	28	499	448	200	170	45	11	0,14	380
4	18	300	222	110	260	54	7	0,14	480
5	25	460	303	200	155	38	9	0,12	410
6	30	610	474	160	130	23	6	0,06	570
7	28	452	497	160	145	49	11	0,15	300
8	28	464	279	150	264	55	10	0,14	480
9	21	430	284	250	500	43	10	0,15	1 160
10	26	531	614	160	187	32	8	0,1	580
11	26	440	237	190	240	53	11	0,16	450
12	25	440	303	200	190	59	12	0,1	320
13	16	367	185	250			30		
14	25	339	334	100					
15	24	425	326	150	120	33	7	0,1	540
16	21	500	280	200	440	46	11	0,14	950
17	19,5	371	243	200	330	32	6	0,1	590
18	21	382	264	190	275	55	10	0,18	530

Při průzkumu rozsahu dutin se doporučuje preferovat nedestruktivní diagnostické postupy (ZTV BAUMPFLEGE, 1996). Při proražení reakční a bariérové zóny, např. v důsledku odběru vzorku dřeva přírůstovým nebo zezem či vytvořením otvoru penetrografem, dochází k lokálnímu narušení těchto obranných zón a k uvolnění prostoru pro další postup hniloby (v případě, že je houbové mycelium v daném místě aktivní). Může tak proto dojít k šíření rozsahu hniloby následkem diagnostického postupu – což je v rámci arboristické praxe akceptovatelné pouze ve výjimečných případech.



4.2.3 Přítomnost reakčního dřeva

Vývoj reakčního dřeva je nejefektivnějším samostabilizačním mechanismem, který dřeviny využívají při vyrovnávání špiček napětí v rámci svých nosných prvků.

Reakční dřevo je zakládáno různě u jehličnanů a listnáčů. Části kmene či větví, obsahující reakční dřevo, se většinou dále nevětví. Typicky se reakční dřevo vždy vytváří v oblasti kořenových náběhů a v místech nasazení větví.

Kořenové náběhy nemusí být výrazně patrné pouze u stromů, které jsou chráněné před větrným náporem buď okolním hustým porostem, nebo zástavbou. Absence patrných kořenových náběhů často znamená, že báze kmene byla v minulosti zasypána v důsledku zvýšení úrovně terénu. Tento jev může mít značně rušivý vliv na stav kořenového systému a je nutné jej proto evidovat a prověřit jeho důvody (WESSOLY, ERB, 1998).

4.2.4 Symptomy oslabení kořenového systému

Stabilita kořenového systému stromu je obecně dána třemi faktory:

- morfologií kořenového systému,
- defekty kořenového systému,
- fyzikálními vlastnostmi půdy.

Stav kořenového systému je v rámci vizuálních posudků vždy hodnocený podle nepřímých metod. O to větší pozornost musí být věnována dále popsáním symptomům a jejich správné interpretaci.

Omezený prostor pro prokořeňování

Jedním z hlavních důvodů v prostředí městských aglomerací je nedostatečný prostor pro vývoj kořenového systému. Prostor pro rozvoj kořenového systému může být limitovaný buď přítomností fyzických překážek (těleso silnice, základy domů apod.), nebo fyziologickou nedostupností půdního prostoru pro rozvoj kořenů (extrémní zhutnění či kontaminace půdy).

Komplikace mohou nastat i při výsadbě stromů s deformovaným kořenovým systémem (stromy pěstované v kontejneru) či při technologicky chybně provedené výsadbě (viz tzv. květníkový efekt). V některých polohách se zásadním způsobem projevuje vysoká hladina spodní vody, event. přítomnost skalního podkladu pod mělkou vrstvou využitelné půdy, které zamezují hloubkovému zakotvení kořenového systému.

Rotující kořeny

Jedná se o přítomnost rotujících kořenů (škrticích kořenů), rostoucích kolem báze kmene a zamezujících harmonickému vývoji kořenových náběhů. Tento vliv se projevuje především u nevhodně vysazených prostokořených stromů, příp. u stromů, které byly při výsadbě umístěny příliš hluboko.

V případě, že rotující kořeny zaškrcují více než 40 % obvodu kmene, může v důsledku vzniku špičky napětí v místě přechodu dojít ke zlomení kmene při silném větrném náporu (POKORNY, 2003). Stromy s tímto defektem mohou vykazovat i obecné stopy vitalitního sestupu v důsledku snížení funkčnosti transportních pletiv. Z americké literatury pochází údaj, že při zjišťování škod, způsobených víchřicemi v letech 1997 až 1998, selhalo 30% stromů, které se vyvrátily, vinou přítomnosti rotujících kořenů (JOHNSON, 1999, IN POKORNY, 2003)

Náklon kmene

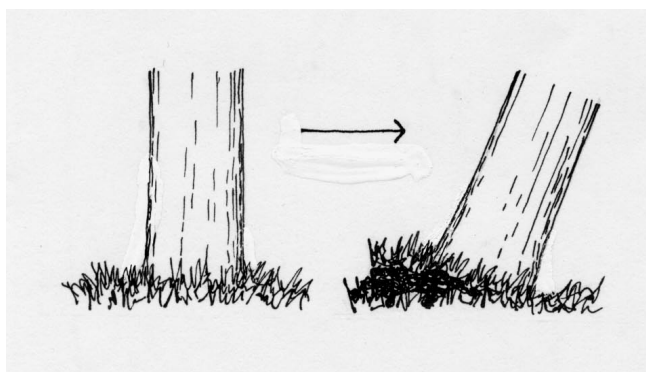
Postupné vyvrácení stromu může indikovat i náklon kmene. U tohoto parametru je nutné brát v potaz skutečnost, že náklon kmene nemusí být způsoben výhradně v důsledku vyvrácení stromu, ale že je – především u světlomilných taxonů – často vyvolán fototropně pozitivním růstem (tedy vrůstáním koruny „za světlem“). Tyto „přirozeně nakloněné“ stromy nelze považovat za defektní jedince, pokud jejich náklon nedosahuje extrémních hodnot, event. pokud nedojde ke změně větrného proudění a k jejich namáhání bočním náporem. K rozhodnutí, zda se jedná o náklon přirozený, nebo defektní, lze využít dvou parametrů:

- Vývoj reakčního dřeva na kmeni. Strom, rostoucí v přirozeném náklonu, musí zvýšené namáhání v oblasti báze kmene kompenzovat vývojem reakčního dřeva. Kmen proto musí vykazovat výrazný eliptický průměr s delší osou, směřující ve směru náklonu.



- Negativně geotropní růst koruny. i v případě, že je koruna růstem směřovaná mimo osu kmene, vrchol koruny vždy vykazuje negativně geotropní směr růstu. Pokud tento směr není patrný ani ve vrcholové partii koruny, lze považovat náklon za defektní.

Postupné vyvrácení stromu může být indikováno i tvorbou trhlin v půdě v okolí báze kmene, vyboulením půdy na tahové straně náklonu apod., ovšem tyto parametry je možné registrovat pouze v případě vybraných půdních poměrů.

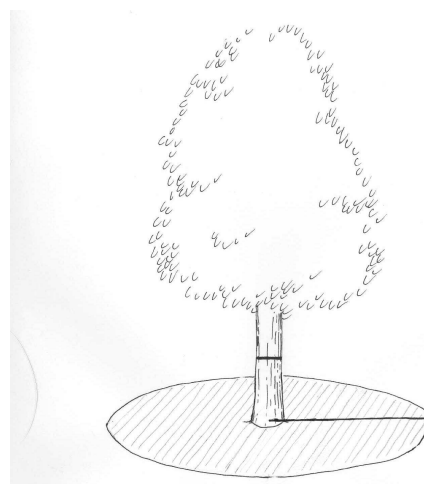


Obr. 20: Postupné vyvrácení stromu, indikované nadzvedáváním půdy v oblasti kořenových náběhů.

Stopy stavební činnosti v okolí

Častým symptomem narušení kořenového systému, především v městském prostředí, jsou stopy stavební činnosti v okolí kořenových náběhů (zasypané výkopy, nově vytvořený asfaltový pruh apod.). Zcela zásadní význam má vzdálenost, ve které byl výkop veden, a použitá technologie. ČSN DIN 18 920 definuje jako ochranné pásmo běžného stromu průmět koruny zvětšený o 1,5 m, event. 5ti násobek průmětu koruny u sloupovitých kultivarů.

POKORNY (2003) uvádí jako kritický kořenový prostor (*Critical Root Radius – CRR*) kruh s poloměrem rovnajícím se ve stopách násobku průměru kmene (v palcích) a koeficientu 1,5. Za minimální staticky významný kořenový talíř je považován kruh, opisující kmen s poloměrem rovnajícím se průměru kmene (WESSOLLY, ERB, 1998). Tento údaj je nutné skutečně brát jako naprosto nutnou minimální hranici pro hodnocení akutního vlivu zásahu. Po zásahu do tohoto prostoru může dojít k okamžitému vyvrácení stromu bez dalšího oslabení (např. v důsledku kolonizace kořenového systému dřevokaznými houbami).



Obr. 21: Schematické znázornění ochranného pásma stromu podle ČSN DIN 18 920.

Značnou důležitost má i technologie provedení výkopů, protože při realizaci výkopové činnosti s využitím mechanismů dochází k vytržení kořenů za hranou příkopu – tedy v menší vzdálenosti od báze kmene, než vede vlastní hrana příkopu. Vzhledem ke značné variabilitě distribuce kořenů je velmi obtížné hodnotit vliv výkopové činnosti na stabilitu stromu vizuálními metodami a v případě pochyb je nutné přistoupit k přístrojovému testu.

Symptomy houbové infekce

Detekce a odhad rozsahu infekce kořenového systému je samozřejmě výrazně problematičtější než v případě infekce nadzemních částí. V případě některých dřevokazných hub může jako vodítko sloužit vývoj plodnic (např. *Meripilus giganteus*). Ovšem plodnice dřevních hub se mohou vytvářet jen nepravidelně v závislosti na stanovištních podmínkách, event. v relativně krátkém časovém úseku (*Coprinus* spp.). V okamžiku realizace inspekce tedy nemusí být na stanovišti zjištěné i v případě masivního rozkladu kořenového systému.

Velmi důležitý je proto v této souvislosti průzkum kořenových náběhů a okolí stromu, odpovídající velikosti jeho minimálně nutného staticky významného kořenového talíře. Na kořenových náběžích se sleduje výskyt odumřelých částí, růstových depresí, přítomnost trhlin s vylučováním dřevního prachu či kolonizací mravenců, přítomnost mycelia či rhizomorf dřevokazných hub. Pozornost je nutné věnovat i zbytkům starých plodnic. Jako pomůcka může být použita ocelová tyč k prozkoumání stavu kmene pod půdním povrchem.

4.2.5 Další symptomy

V rámci hodnocení zdravotního stavu stromů je třeba sledovat i celou řadu dalších, většinou méně významných symptomů, které mohou tento parametr větší či menší měrou ovlivňovat.

V případě roubovaných stromů je nutné věnovat pozornost kvalitě srůstu roubu s podnoží. Především u velkokorunných taxonů (např. *Fagus sylvatica* `Atropunicea`) se často jedná o místo, kde dochází ke vzniku špičky napětí, probíhajícího z koruny do oblasti kořenových náběhů. Špatný srůst přitom nemusí být indikován nerovnováhou v tloušťkovém přírůstu roubu a podnože (i když je samozřejmě přítomnost pomaleji přirůstající podnože dalším značně diskriminačním faktorem). Je vhodné sledovat vývoj reakčního dřeva v místě spoje, event. jakékoli symptomy probíhající infekce.

Celá řada mikroorganismů a některé druhy hmyzu mohou podnítit tvorbu abnormálního tloušťkového přírůstu, event. způsobit vznik rakovinných orgánů na kmeni či větvích. Tato místa narušují harmonické uložení dřevních elementů a tím i šíření mechanického stresu. Zvláště důležité jsou v této souvislosti rakovinné útvary, vytvářené činností hub rodu *Nectria*.

V místech rakovinných útvarů dochází ke vzniku špičky napětí v místě náhlého tloušťkového přechodu. Pokud takový rakovinný útvar zabírá více než $\frac{1}{3}$ obvodu větve či kmene, je reálné riziko vzniku zlomu v této části (LONSDALE, 1999).

5. Provozní bezpečnost

5.1 Význam posuzování provozní bezpečnosti dřevin

Jedním ze základních požadavků, kladených na dřeviny a zvláště pak na stromy, je jejich provozní bezpečnost – tedy takový jejich stav, kdy neohrožují lidské životy a zdraví ani majetkové hodnoty. To platí zejména – avšak nikoliv výlučně – v urbanizovaném prostředí sídel (měst a obcí). Odpovědnost za dosažení a udržování tohoto stavu dopadá jednoznačně především na vlastníka těchto dřevin.

Na druhou stranu nahodilý pád stromu nebo jeho části prakticky nelze vyloučit. To je způsobeno jednak samotnou biologickou podstatou stromu, zejména však nevyzpytatelností vnějších vlivů. V konkrétním případě lze pak zpravidla jen těžko odlišit podíl jednotlivých příčin na takové události.

S uvedenými tvrzeními plně koresponduje i platná právní úprava odpovědnosti za škodu v občanském zákoníku a dalších předpisech. Ta je založena na třech základních ustanoveních:

1. péče o dřeviny je povinností vlastníka,
2. každý je povinen předcházet hrozícím škodám,
3. každý odpovídá za škodu, kterou jinému způsobil porušením právní povinnosti, ledaže prokáže, že škodu nezavinil.

ad 1) Povinnost vlastníka řádně pečovat o svůj majetek vyplývá z celé řady právních předpisů. Pro případ dřevin, rostoucích mimo les, je pak rozhodující především ustanovení zákona o ochraně přírody a krajiny¹, podle kterého „... Péče o dřeviny, zejména jejich ošetřování a udržování, je povinností vlastníků.“²

Péče o dřeviny přitom samozřejmě nezahrnuje pouze provádění jednotlivých zásahů (řezy apod.), její nedílnou součástí je rovněž sledování stavu stromu, a to nejen pokud jde o jeho vitalitu, požadavky na výživu, ochranu apod., ale též z hlediska rizika selhání stromu v důsledku zlomu či vývratu, nebo pádu jeho částí. Ostatně bez náležité znalosti stavu dřevin a porostů a z ní vycházejícího předpokladu jejich dalšího vývoje není plánování a provádění dalších úkonů v rámci péče o dřeviny ani myslitelné.

Požadavky na rozsah a odbornost prováděné péče budou v jednotlivých konkrétních případech různé, zohledněna může být například i poloha stromu, případně jeho funkce v rámci určitého celku (porostu, parku, ekosystému apod.). Naopak např. majetkové poměry vlastníka nejsou zpravidla brány bez dalšího jako relevantní hledisko. Zanedbání péče o dřeviny je porušením právní povinnosti se všemi důsledky.

¹ zákon ČNR č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů

² § 7, odst. 2 zákona



- ad 2) Občanský zákoník ukládá každé osobě povinnost „... počínat si tak, aby nedocházelo ke škodám na zdraví, na majetku, na přírodě a životním prostředí.“³ Jde o obecnou povinnost prevence. Jakkoliv tato norma zavazuje každého, bude opět možné spravedlivě požadovat zvýšenou aktivitu při jejím plnění od vlastníka určité věci. Splnění této povinnosti vlastníkem stromu je opět těžko myslitelné bez pravidelného sledování stavu stromu z hlediska rizika pádu jeho částí nebo dokonce celého stromu.

Specifická je právní úprava tzv. sousedských vztahů. Jestliže se vlastník určité věci „... musí zdržet všeho, čím by nad míru přiměřenou poměrům obtěžoval jiného nebo čím by vážně ohrožoval výkon jeho práv ...“, pak lze po vlastníkově stromu požadovat nejen aby zajistil, že tento jeho strom nebo jeho část nespadne na sousední pozemek, ale též aby pravidelně zjišťoval, zda takové riziko hrozí a jak je velké.

- ad 3) Podle Občanského zákoníku „... každý odpovídá za škodu, kterou způsobil porušením právní povinnosti ...“, přičemž „... odpovědnosti se zproští ten, kdo prokáže, že škodu nezavinil.“⁴ Porušením kterékoliv z prvních dvou výše uvedených povinností, tedy jak povinnosti péče o dřeviny, tak obecné povinnosti předcházení škodám, vzniká nová povinnost nahradit majetkovou škodu, která snad z takového porušení povinnosti vzešla jiné osobě. Tato nová povinnost pochopitelně stíhá toho, kdo měl onu povinnost původní.

Porušení právní povinnosti a vznik škody však pro vyvození odpovědnosti vlastníka dřeviny za škodu, způsobenou například jejím pádem, nestačí. Z hlediska významu posuzování provozní bezpečnosti stromů jsou nejvýznamnějšími dalšími prvky odpovědnostního vztahu požadavek příčinné souvislosti a subjektivní aspekt, tedy zavinění. Požadavek příčinné souvislosti v podstatě znamená, že je třeba zjistit, zda ke vzniku škody došlo právě (jen) v důsledku porušení povinnosti, nebo (zcela nebo částečně) v důsledku jiných faktorů (např. vnějších vlivů). Zavinění škody pak lze přičítat každému, kdo nejenže ji způsobil nechtěl, ale třeba ani nevěděl, že ji svým jednáním může způsobit, avšak vzhledem k okolnostem a k svým osobním poměrům to vědět měl a mohl⁵. Zavinění, resp. jeho neexistenci, však prokazuje žalovaný, tedy vlastník stromu.

A právě v této souvislosti nabývá mimořádného významu posuzování provozní bezpečnosti. Vyjde-li totiž při zjišťování příčin pádu stromu, v jehož důsledku vznikla jinému škoda, najevo, že strom trpěl nějakým poškozením, zvyšujícím riziko jeho pádu, nepostačí pro vyloučení odpovědnosti vlastníka takového stromu tvrzení, že o něm nevěděl. Vlastník, aby vyloučil své zavinění, musí prokázat, že o takovém poškození vědět ani nemohl. Jinými slovy, že vynaložil přiměřené úsilí ke zjišťování skutečného a aktuálního stavu stromu. Přiměřenost tohoto úsilí je přitom závislá mimo jiné na „osobních poměrech“ vlastníka. Fyzická osoba bez odborného vzdělání (např. v takových oborech jako fyziologie rostlin, statika nebo arboristika) se tedy odpovědnosti za škodu způsobenou pádem stromu pravděpodobně zproští, prokáže-li, že jí nebyly známy žádné okolnosti, které by svědčily o možnosti jeho pádu. Naproti tomu například obec, disponující týmem odborně vzdělaných pracovníků pro správu zeleně, případně řadou odborných dodavatelských subjektů, bude muset ke svému vyvinění prokázat provedení (nebo lépe provádění) odborného monitoringu, zaměřeného na předcházení rizika pádu stromů v obecním vlastnictví.

Osobními poměry naopak nejsou – alespoň ne samy o sobě – majetkové poměry vlastníka. Poukaz na nedostatek finančních prostředků, určených v rozpočtu obce na péči o stromy, tak jako důvod k vyloučení odpovědnosti za škody neobstojí.

³ § 415 Občanského zákoníku (zákon č. 40/1944 Sb.)

⁴ § 420, odst. 1 a 3 Občanského zákoníku (zákon č. 40/1944 Sb.)

⁵ § 4 Trestního zákona (zákon č. 140/1961 Sb.)



5.2 Základní pojmy

První z klíčových pojmů při hodnocení provozní bezpečnosti stromů je *stabilita*. Tento pojem lze vymezit jako schopnost objektu setrvávat v neměnném stavu i přes případné narušování (MÍCHAL, 1994). Taková definice je velmi statická a pro strom není dobře použitelná. U biologických systémů je pojem stability nutné chápat spíše jako stav dynamické rovnováhy, jako *homeostázu*. Ta je definována jako soubor principů, vedoucích v živých systémech na základě získaných informací ke kompenzování odchylek vnějšího prostředí, a tím k dynamické rovnováze vnitřního prostředí, které tak nabývá relativní nezávislosti na vnějším prostředí (MÍCHAL, 1994). V případě stromu jsou těmito principy optimalizace tvaru a adaptační růst, optimalizace materiálových vlastností a jeho energetická bilance. Z pohledu mechaniky stromu lze stabilitu definovat jako stav, kdy vlivem působení vnějších (vítr, voda, sníh, člověk, dřevokazné houby, půdní podmínky) a vnitřních faktorů (morfologie kmene, růstové vady, nevýhodný habitus) nehrozí možnost vyvrácení, zlomení kmene nebo větví, nebo odlomení části koruny takového rozsahu, že je ohroženo přetrvání jedince na stanovišti. Tento termín tedy vztahujeme pouze na stav stromu a jeho nosného aparátu. Jedná se o kvalitativní znak ve vlastním slova smyslu.

Provozní bezpečnost je oproti tomu míra (kvantita) stability, nebo ještě lépe odhad pravděpodobnosti selhání stromu nebo jeho významné části. Udává tedy míru stabilnosti stromu, pravděpodobnost jeho selhání. Pojmy stabilita a provozní bezpečnost jsou často zaměňovány. Jak vyplývá z definice, stabilita je vlastnost, kdežto provozní bezpečnost lze považovat za míru této vlastnosti. Navíc stabilita bere v úvahu pouze strom a jeho parametry, kdežto termín provozní bezpečnost zahrnuje již také stav a zhodnocení stanoviště, možných cílů a stupně ohrožení⁶ (DAVIES, FAY, MYNORS, 2000, MATHENY, CLARK, 1994), je tedy širší.

Pro potřeby hodnocení je nutné stabilitu nějakým způsobem kvantifikovat. To lze v exaktní podobě např. pomocí tahové zkoušky (umělé zatížení stromu silou a měření deformačního pole). Dojde tak ke zjištění hodnoty odolnosti stromu proti vyvrácení a přelomení kmene v %, ve srovnání s referenční hodnotou (WESSOLLY, ERB, 1998). Druhá možnost je stanovení stability podle vnějších symptomů vizuálně (MATTHECK, 1991, WESSOLLY, ERB, 1998) a popř. zařazení do hodnotové stupnice.

Dále je uvedena definice termínů, běžně používaných v této oblasti:

Stabilita - stav, kdy vlivem působení vnějších a vnitřních faktorů nehrozí možnost selhání stromu či jeho části v takovém rozsahu, že je ohroženo jeho přetrvání na stanovišti

Selhání – porušení stability. Situace, kdy dojde k vyvrácení stromu, jeho zlomení, případně odlomení jeho části. Selháním je výrazně ohrožena nebo v podstatě končí historie daného jedince, strom zaniká.

Nebezpečí selhání – potenciál stromu způsobit škodu na majetku či újmu na zdraví v důsledku selhání celého kmene či části koruny, nebo v důsledku vyvrácení.

Riziko selhání – je procentuálně vyjádřená pravděpodobnost, že k selhání dojde. Při vyjádření rizika selhání je nutné brát v potaz pravděpodobnost a frekvenci příchodu silných větrů na daném stanovišti, rozsah poškození daného stromu, typ a frekvenci péče apod.

Cíl pádu – živý či neživý objekt, který může být ohrožen při pádu stromu či jeho části. V případě hodnocení provozní bezpečnosti se jedná především o kvantifikaci hodnoty majetku, nacházejícího se v dopadové vzdálenosti od báze kmene, a frekvence provozu chodců či automobilů v dané vzdálenosti.

Provozní bezpečnost – míra stability stromu (výše rizika jeho selhání), aplikovaná na konkrétní stanovištní podmínky (přítomnost cílů pádu a výše jejich důležitosti).

I když je možné pojem provozní bezpečnost chápat jako součást dříve diskutované charakteristiky zdravotního stavu, je nutné si uvědomit, že definice provozní bezpečnosti pouhé narušení stavu nosných částí hodnoceného stromu přesahuje. Posuzování rizika selhání je obvykle subjektivním procesem, ovlivněným znalostí příčin porušení stromu, tj. vycházejícím ze znalosti chování stromu během jeho života. Vlastní proces posuzování v sobě zahrnuje tři aspekty: posouzení samotného stromu, posouzení jeho prostředí a posouzení potenciálních rizik, která nastanou v důsledku selhání stromu.

Obvyklé hodnocení je tedy zaměřeno především na:

⁶ Při hodnocení rizika selhání stromu je nezbytné také brát v úvahu možné následky, které způsobí pád stromu v okolí, tzn. potenciální ohrožení existujících cílů a důležitost, významnost těchto cílů (lavička pod stromem, chodník, dům, dětské hřiště atp.).



1. současný, případně minulý stav stanoviště,
2. změny strukturálních částí hodnoceného stromu (kořeny, kmen, koruna),
3. identifikaci nejpravděpodobnějších a nejvážnějších problémů, spojených s porušením stromu,
4. stanovení možných škod (definice cílů pádu).

Stabilita stromu je jeden z parametrů, které vymezují konkurenční schopnost stromu - je součástí jeho bionomické strategie. Vliv stability můžeme sledovat jak z pohledu individuálního (budeme-li se zabývat konkrétním jedincem v určité lokalitě), tak i z pohledu konkurenceschopnosti mezi jednotlivými druhy (budeme-li předpokládat, že různé druhy stromů, resp. rostlin, utvářejí svůj habitus s různě velkým ohledem na zajištění stability). Mechanická stabilita stromu je vesměs posuzována a charakterizována podle geometrie kmene a materiálových vlastností. O tom, zda je strom stabilní, tedy rozhodujeme na základě jeho habitu a výskytu případných defektů. Vezmeme-li v úvahu morfologickou plasticitu jednotlivých druhů a morfologickou plasticitu vnitrodruhovou, lze se domnívat, že důležitější bude úroveň individuální, kdy jsou rozměry stromu a materiálové vlastnosti jeho dřeva modifikovány podle konkrétních podmínek stanoviště.

Strom je schopen reagovat na přiměřené podněty okolí, na změny prostředí. V oblasti mechanické stability je touto reakcí adaptační růst a podněty jsou vítr a jiná mechanická zatížení, změny v proudění vzduchu, uvolnění jedince z porostu, poškození (MATTHECK, 1991, NIKLAS, 1992, HEPWORTH, VINCENT, 1999). To poskytuje podklad pro základní provázanost mezi mechanickou stabilitou a fyziologickou aktivitou stromu. Důležitá je otázka, do jaké míry stabilita stromu ovlivňuje jeho postavení v systému (ekosystému), výměnu látek a informací s okolím, jak se podílí na řízení chování stromu (tedy růstu, reakci na poškození atd.).

Selhání, tedy vyvrácení nebo zlomení stromu či jeho podstatné části, má za následek ztrátu výhod stromového růstu. Jedinec ale může zůstat fyziologicky aktivní, pokud je zachována alespoň část vodivých drah v provozu a pokud je alespoň částečně v provozu kořenový systém. Je-li stabilita stromu narušena pouze částečně (tedy např. dojde k výraznému naklonění stromu či ke vzniku rozsáhlého poškození), strom je do určité míry schopen kompenzovat toto narušení modifikací růstu (například terminálního výhonu, posunutí těžiště nad místo vetknutí, zvýšený radiální růst, tvorba kalusu atd.; MATTHECK, 1991, WESSOLLY, ERB, 1998). Intenzita růstu, tedy množství živin, alokovaných ke kompenzaci poškození, odpovídá rozsahu narušení – ovšem za předpokladu, že tyto látky jsou pro daného jedince dostupné (NIKLAS, 1992, MATTHECK, 1991, 1997, MOULIA, FOURNIER-DJIMBI, 1997).

5.3 Stabilizační chování stromu – tvarová optimalizace

Jedním ze základních problémů v biomechanice rostlin je nalezení obecně platného modelu, který by s požadovanou přesností popisoval vztah mezi rozměrem kmene, větve či kořene a působícím mechanickým napětím. Vztah je vysvětlován pomocí dvou modelů – modelu s konstantním napětím a modelu elastické podobnosti.

Při našem studiu vyvstávají následující otázky:

1. Někteří autoři tvrdí, že solitérní stromy jsou předimenzovány – a to až jedenáctinásobně – oproti potřebnému stavu, zjištěnému ze zátěžové analýzy. Je to způsobeno plným využitím fyziologické kapacity stromu (chybí konkurence o světlo – strom roste maximální rychlostí a průměr v daném místě odpovídá pouze relativní hodnotě vznikajících napětí, nikoliv absolutním hodnotám)? Nebo je naddimenzování součástí genetické informace, něco jako bezpečnostní pojistka?
2. Je-li strom předimenzován, jak působí regulační faktory, závislé pravděpodobně na mechanickém dráždění kambia? Intenzita stimulace musí zákonitě klesat s mírou předimenzování stromu. Jak strom „vnímá“ svoji „zabezpečenost“?
3. Z toho vyplývá nutnost zjištění řídicího faktoru – vlastnosti, podle níž je ustavován optimalizovaný tvar. Je cílem maximální nebo dostatečná pevnost? Nebo je tímto faktorem tuhost dřeva, tedy jeho odpor proti přetváření? a vztahuje se adaptace na celek stromu (předpokládá centrální řídicí mechanismus a provázanost, tedy schopnost centrálního vyhodnocování impulsů prostředí), nebo se jedná o lokální jevy?



Je nutné zaznamenat, že při bližším zkoumání závislosti tvaru kmene na jeho namáhání je obtížné uvažovat o pevné zákonitosti (konstantní napětí \times pružná podobnost). K tomuto názoru vedou rozporuplné výsledky různých studií, potvrzujících tu tuto, tu onu hypotézu (MCMAHON, KRONAUER, 1976, MOULIA, FOURNIER-DJIMBI, 1997, MATTHECK, BETHGE, 1998, NIKLAS, SPATZ, 2000, DEAN ET AL., 2002). Zdá se, že mechanismus tvarové optimalizace vychází spíše z velké plasticity stromu a z podpory rychlého radiálního růstu, jehož intenzita je lokálně korigována mechanickým drážděním kambia. Jedná se patrně o lokálně korigovaný, nikoliv systémový proces, který by vyžadoval existenci nějakého řídicího centra.

Toto tvrzení podporují i naše vlastní výsledky, které ukazují mozaikovitý charakter rozložení deformačního a napěťového pole na kmeni. Výsledek se pak jeví jako lokalizovaný adaptační růst, vytvářející optimalizovaný tvar, odpovídající převládajícím zdrojům mechanického dráždění a také dostupnosti živin a vody na daném stanovišti (tedy množství použitelného stavebního materiálu a energie). Dále např. NIKLAS (1999) sledoval trend změny ohybové a torzní tuhosti ($E \times I$, $G \times J$) kořenů a našel exponenciální pokles tuhosti ve směru od kmene. Na základě výsledků dovozuje, že existuje určitá „biomechanická plasticita“ kořenů, která jim umožňuje individuální přizpůsobení konkrétnímu stavu působících sil, což by odpovídalo spíše parciálnímu řízení.

Navíc je nutné uvážit, že tvar typický pro kmeny stromů, tedy táhlý kužel, nemusí být vůbec výsledkem adaptačního růstu. Tento tvar je v podstatě nutný vzhledem ke způsobu růstu. Postupným radiálním přírůstem kmene a jeho současným prodlužováním ve směru od báze vznikne táhlý kuželovitý tvar přirozeně. Podle rychlosti dlouživého růstu se pak bude lišit konkrétní tvar kmene, tvar kužele. Výtvarnice kmene tedy bude dána poměrem mezi rychlostí dlouživého a radiálního růstu. Pak by se stabilizace stromu zakládala pouze na co nejrychlejším radiálním růstu a tím na zvyšování tuhosti kmene.

Musí ovšem existovat nějaký způsob přenosu stimulace, jinak by stromy v porostu tloustly více u vrcholu nežli u báze⁷. Pouze pokud mohou být impulzy vznikající ve vyšších partiích nějakým způsobem přenášeny na nižší části kmene, bude zajištěn harmonický a proporcionální vývoj. Impulzy tedy vznikají lokálně, ale lze předpokládat systémové působení jakéhosi nosiče stimulu. Faktem zůstává, že mechanické namáhání ovlivňuje konečný tvar a dimenze kmene stromu, a to tak, že výsledkem je stabilnější jedinec.

Při analýze adaptačního růstu lze odhalit dvě složky, utvářející konečný projev sledované vlastnosti. Nazvěme je kvalitativní a kvantitativní. Kvalitativní složkou rozumíme mechanismus řízení alokace asimilátů. Kvantitativní složkou je dodávané množství stavebních látek, umožňující projevení kvalitativní složky. U druhé jmenované je odhalení závislosti poměrně snadné. Je poplatná fyziologické aktivitě stromu, a tedy i všem tuto aktivitu postihujícím faktorům, jako je například dostupnost vody a živin, nutnost saturace dalších potřeb stromu. Určení první složky adaptačního růstu je již komplikovanější. Většina odborníků se domnívá, že alokace asimilátů (určených pro zajištění stability stromu) je řízena intenzitou mechanického namáhání kambia. Větší intenzita namáhání by měla působit větší intenzitu činnosti kambia, a tedy v daných místech výraznější přírůst dřevní hmoty.

Dále je nutné vzít v úvahu vliv nepravidelností tvaru a anatomické stavby kmene, jako je například spirálovité uložení vláken dřeva, podíl jednotlivých typů dřeva (juvenilní, zralé). Ty mají vliv na hodnoty vznikajícího napětí a deformací, které přímo ovlivňují dělivou aktivitu kambia. Svou roli může hrát i adaptační růst stromu v důsledku jeho strategie (K, R a S⁸, in MÍCHAL, 1994).

⁷ Domníváme se, že stromy nejsou zatěžovány konstantně po celé délce kmene. Určitá část energie deformace, která zatěžováním vznikne ve kmeni, může být pohlcena vnitřním třením ve struktuře dřeva, spotřebuje se na přeměnu energie kinetické na energii tepelnou. Při nižších rychlostech proudění vzduchu lze očekávat, že napětí a deformace, vznikající v horních partiích, nemusí být v dolních, silnějších partiích vůbec zaznamenány. Jinak řečeno, lze předpokládat disproporci mezi očekávaným ohybovým momentem (daným působící silou a rozměrem kmene) a z něj vznikajícím napětím (normálovým i smykovým) a skutečně vznikajícím napětím. I toto může být mimo jiné důvod nepřesností v MKP modelu stromu. Rozdíl lze připočítat k pohlcení energie deformace ve vnitřní struktuře dřeva. Disipace energie jako strategie snížení zatížení je u stromu již známa (*streamlining*), toto může být jen jiná podoba známého mechanismu. Otázka je předmětem dalšího zkoumání.

⁸ Jedná se o různou dynamiku růstu, vývoje a adaptability ve vztahu ke světlu jako jednomu z hlavních růstových faktorů. Jedním krajním typem jsou jedinci vysoce adaptovaní na standardní lesní prostředí s dlouhou převahou stinných růstových podmínek, tzv. **K-stratégové** - klimaxové orientovaní. Druhou adaptační (růstovou) krajnost tvoří jedinci přizpůsobení k extrémním situacím, tzv. **R - stratégové** - pionýrsky orientovaní. **S-stratégové** tvoří přechod mezi těmito krajními typy.



Odpověď na první otázku tkví pravděpodobně ve kvantitativní složce mechanismu adaptačního růstu. Předimenzování stromů, jak je popisuje WESSOLLY (WESSOLLY, ERB, 1998), totiž nemají lokální charakter, ale jedná se o obecný přebytek materiálu. Ten může pocházet pouze z vysoké aktivity asimilačního aparátu. Protože v centru zájmu jsou solitérní stromy, které nejsou omezeny konkurenčními vztahy, lze dostatečnou tvorbu asimilátů předpokládat. Jsou-li ostatní potřeby stromu s vyšší prioritou dostatečně saturovány a má-li strom dostatečnou asimilační kapacitu, může vytvořit ještě velké množství látek, které pak může a musí spotřebovat. Tím by mohl být umožněn růst dimenzionálně neodpovídající zatížení, která na strom aktuálně působí.

Je otázkou, nakolik může být v genomu jedince uložena informace o případném nadměrném zabezpečení. Je možné si představit, že informace o požadavku naddimenzovávat svou strukturu může být stromu vrozena, například ve formě jakéhosi bezpečnostního faktoru. Pak by pravděpodobně byla (jako i další vlastnosti) individuální, a projevovala by se tedy výrazně nestejnou tloušťkou stromů, která by nekorespondovala se sociálním postavením stromu v porostu a s působením mechanických sil.

Stromy mají dvě možnosti, jak se přizpůsobit mechanickému namáhání – jak optimalizovat svou strukturu. Buď změnou mechanických vlastností dřeva (materiálová, vnitřní optimalizace), a nebo změnou geometrie (tvarová optimalizace). Obě cesty jsou využívány.

5.3.1 Adaptační mechanismy stromu

Vyvstává tedy otázka, zda habitus stromu, který není podroben výraznějším mechanickým disturbancím, není určován jinými faktory prostředí. Typickým příkladem jsou stromy rostoucí v hustém porostu, jejichž habitus je určen právě konkurenčním tlakem nedostatku světla. Vzniká typický habitus vysokých a štíhlých stromů, které sice dosáhnou až ke zdroji světla, ale z hlediska mechanické stability jsou rizikové (velká výška = větší zatížení větrem, malý průměr = malá tuhost a pevnost). Dále lze jako příklad uvést například fototropický růst, jehož vlivem často vznikají šikmo rostoucí stromy. Někdy dokonce vliv faktorů prostředí (a jedná se hlavně o dostupnost světla) převažuje nad zajištěním stability a vznikají mechanicky slabé „konstrukce“ – např. tlakové vidlice, jejichž mechanickou nedostatečnost musí strom následně kompenzovat.

Jako zajímavé se jeví porovnání mezi minimálními rozměry, nutnými pro zajištění stability, a skutečnými rozměry, které bývá interpretované jako jakési předimenzování stromů. Jak uvádějí WESSOLLY, ERB (1998), kteří se zabývali stromy, rostoucími v urbanizovaném prostředí, a obzvláště solitérními jedinci, takovéto stromy mohou být několikanásobně předimenzované. Jejich průměr je až 11krát větší, než by odpovídalo potenciálně vznikajícím napětím vlivem působení větru. Proto nelze očekávat velký stimulační efekt (je-li nosník – kmen předimenzován, vznikají pouze malá napětí) ani velký selekční tlak v případě přírodního výběru (dvojnásobně předimenzovaný strom překoná nepříznivé podmínky stejně bezpečně jako jedinec předimenzovaný trojnásobně).

Také zde hraje velkou roli nutnost stromu vytvářet nové vrstvy dřeva pro zajištění transportu vody a rozpuštěných živin; tak se musí průměr stromu zvětšovat i při úplné absenci mechanického dráždění. Nelze se domnívat, že by strom za příznivých podmínek samovolně zastavil růst, protože by nějakým způsobem „naznal“, že je již dosti silný. Jeho růst bude pokračovat nejrychlejším možným způsobem až do ukončení diferenciace nových buněk a jejich zapojení do vodivé a mechanické funkce.

5.3.2 Teorie konstantního napětí

Tato teorie předpokládá, že účelem adaptačního růstu stromu je zajistit stav, kdy na celém povrchu jeho nosných prvků bude docíleno konstantního napětí – že se nebudou vyskytovat místa s nedostatečným množstvím materiálu pro zachycení vznikajícího napětí a současně že se nebudou nacházet místa s nadměrným množstvím uloženého materiálu. Na této teorii je např. založena metoda VTA.

Při naší vlastní práci jsme se pokusili sledovat vliv rozložení mechanických vlastností dřeva kmene (konkrétně modulu pružnosti E) na napěťové pole. Zjistili jsme, že napětí vytváří na kmeni jakousi mozaikovitou strukturu s patrnými špičkami napětí. To by nasvědčovalo spíše proti teorii konstantního napětí.



Také obecně známý fakt anizotropie mechanických vlastností dřeva svědčí spíše proti této teorii. Je obtížné dát struktuře z materiálu, který má v každém směru odlišné vlastnosti, takový tvar, aby na povrchu struktury působilo konstantní napětíové pole. Navíc zatížení, která na strom působí, jsou různého druhu a jsou proměnlivá (směr a rychlost větru, turbulentní proudění, přídavné zátěže vody, sněhu atd.).

Vzhledem k uvedeným faktům a s přihlédnutím k vlastním výsledkům se domníváme, že platnost hypotézy konstantního napětí nelze dost dobře přijmout. S jistotou lze říci, že:

- Mechanické namáhání významně ovlivňuje geometrii stromu a vlastnosti jeho pletiv.
- Strom přirůstá tak, aby v co největší míře eliminoval vyskytující se špičky napětí, a to jak přirozené (dané geometrií kmene a rozložením materiálových vlastností dřeva), tak vzniklé vnějším zásahem (poranění, zářezy, dekompozice dřeva).
- Strom se pravděpodobně optimalizuje pomocí adaptačního růstu. Důležité je hledisko ekonomie růstu. Energetickými látkami jsou přednostně zásobována místa, kde se vyskytují špičky napětí, jako jsou například poranění.

5.3.3 Řídící parametr adaptačního růstu

Další problém, který se při sledování stability stromu vynořil, je identifikace řídícího parametru. Nabízejí se dva – modul pružnosti a pevnost dřeva, a to buď maximální pevnost neboli mez pevnosti, anebo mez úměrnosti.

Význam modulu pružnosti pro mechanické chování stromu tkví v tom, že určuje odpor, kterým je dřevo schopné odolávat namáhání. Pevnost naproti tomu udává moment porušení dřeva. Již z uvedeného vyplývá, že pevnost jako řídící faktor bude méně pravděpodobná. Lze totiž domyslet, že překračování pevnosti dřeva má za následek jeho porušení a tím pádem i jeho vyřazení z funkce. Naproti tomu tuhost, vyjádřená modulem pružnosti, ovlivňuje zdeformování kmene, a tedy i intenzitu dráždění kambia a tím intenzitu růstu.

Z uvedeného vyplývá, že právě modul pružnosti, resp. jím vyjádřená tuhost dřeva, je pravděpodobně hledaným řídícím faktorem, který ovlivňuje adaptační růst. Překročení pevnosti struktury (kmen, větev, kořen) je samozřejmě stromem registrováno jako podnět vyžadující reakci (za předpokladu, že tím současně neskončí existence stromu). Dochází k poškození pletiv kmene v různém rozsahu, k průniku vzduchu do narušených vodivých drah, embolizaci, zathylování, případně zalití pryskyřicí, otevření vstupu pro patogenní organizmy. Zároveň jsou adaptačním růstem posilovány části, které jsou vystaveny zvýšenému namáhání vlivem ztráty funkce poškozené části (např. dynamičtější růst kořenových náběhů v případě centrální dutiny apod.; MATTHECK, 1991). To jsou však obvykle případy, které jsou víceméně nepravidelné, spíše náhodné.

Běžný stupeň namáhání způsobuje pouze deformace elastické, do meze úměrnosti, při nichž nedochází k deformacím trvalým. Ty by jinak byly patrné, ale není tomu tak. Pletiva jsou pouze více či méně drážděna mechanickým namáháním, ale nejsou poškozována. Toto namáhání musí být nějakým mechanismem zachycováno a stává se zdrojem podnětů pro stimulaci růstu a alokaci asimilátů pro místa s největším drážděním. Pak tedy nikoliv pevnost dřeva, ale jeho tuhost je rozhodujícím parametrem nosného materiálu v rostoucím stromě. Určuje jeho mechanické chování, jeho reakci na namáhání, a tudíž se jedná i o parametr, který je optimalizován. Neboť čím menší tuhost, tím větší dráždění (deformace) vzniká vlivem stejného napětí.

5.4 Složky systému stability stromu

V následujících kapitolách se pokusíme shrnout základní poznatky biomechaniky rostlin, která se sledováním mechanického chování a stabilitou zabývá. Tato disciplína leží na hranici mezi mechanikou a fyziologií rostlin. Záběr je velmi široký, vedle stavby dřeva je nutné znát také jeho mechanické chování, jeho reakce na různé způsoby zatížení a faktory, které v rostoucím stromě mohou chování a reakci na zatížení ovlivňovat.

Jak je tedy mechanická stabilita zapojena do systému vnitřní kontroly stromu? To si můžeme znázornit pomocí několika základních schémat, která nám osvětlí tyto vztahy. Jedná se o:

1. trojúhelník růstu stromu,
2. trojúhelník statiky stromu,
3. trojúhelník strukturální analýzy.



5.4.1 Trojúhelník růstu stromu

Trojúhelník růstu stromu popisuje funkce, které musí zajistit kmen a větve stromu a které souvisejí s mechanickou funkcí. Kmen a větve slouží k dálkovému transportu vody a v ní rozpuštěných látek z kořenů k listům a fotosyntátů od míst jejich vzniku ke kořenům. Dále kmen a větve představují prostor pro uchování a uskladnění energetických zásob stromu. V neposlední řadě musí zajistit dostatečnou stabilitu stromu a umožnit mu zabrat dostatečný prostor pro asimilační aparát a disperzi diaspor. Musí vynést asimilační aparát nad ostatní vegetaci.

Zajištění stability stromu je obtížné vzhledem k velkým rozměrům (výška, velikost koruny) stromu a velkým silám, které na něho působí (vlastní hmotnost stromu, přídatné zátěže, ale především vítr).

Všechny tyto faktory jsou důvodem specifické struktury dřeva, která je schopna plnit všechny uvedené funkce. Výsledkem je vláknitý kompozit, struktura, která se opakuje na úrovni chemické, submikroskopické a mikroskopické. Pouze na úrovni makroskopické se jedná spíše o vrstevnatý materiál (střídání letokruhů a vrstev jarního a letního dřeva v nich).

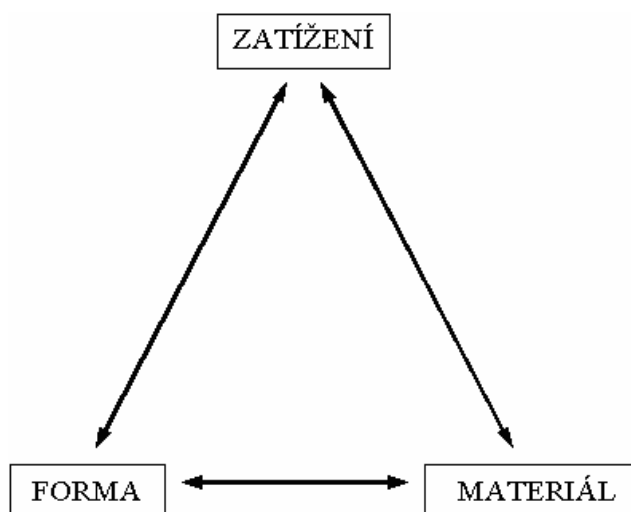
5.4.2 Trojúhelník stability stromu

Trojúhelník stability stromu znázorňuje vztahy mezi jednotlivými složkami stability stromu. Schéma uvádí ve své práci WESSOLLY (1992). Ten zkoumal vliv jednotlivých parametrů, jejich důležitost a variabilitu. Uvádí, že tvar i materiálové vlastnosti jsou ve srovnání s variabilitou zatížení velmi málo proměnlivé.

Schéma lze interpretovat následujícím způsobem: na strom působí zatížení, hlavně větrem. Jeho velikost je závislá na velikosti stromu, jeho výšce, tvaru a rozměrech koruny, druhu a na stanovišti a podmínkách stanoviště (typ proudění, rychlost proudění atd.).

Zatížení působí na strom a vznikající síly musí být přeneseny z koruny větvemi na kmen a jím do kořenového systému, kde se rozptýlí. Pohybová energie přijatá z proudění vzduchu je spotřebována na deformaci a změnu polohy listů, větví a kmene a nakonec je inhibována rozptýlením v prostoru kořenového systému, přetvořením na teplo třením mezi kořeny a půdními částicemi.

Síly, vzniklé v koruně, způsobují vznik napětí (tlakové, tahové i smykové), pro jehož přenos je zapotřebí dostatečná nosnost kmene a větví. Ta je dána dostatečně pevným materiálem a dostatečně dimenzovanými nosnými prvky. Pokud jsou splněny tyto podmínky, strom dané zatížení vydrží. Nejsou-li splněny, dojde k selhání - zlomení či vyvrácení stromu.



Obr. 22: Trojúhelník stability stromu (Wessolly, 1992)

5.4.3 Trojúhelník strukturální analýzy

Toto schéma se liší od předchozích. Známořuje pohled strukturální analýzy při řešení problémů mechaniky. Oběma schémátům je společný pouze oddíl „Materiál“. Ten popisuje materiálové charakteristiky dřeva, respektive konstrukčního materiálu obecně. Nejen mechanické parametry jako je např. modul pružnosti nebo pevnost, ale i další charakteristiky – fyzikální, biologické a technologické.

Následující oddíl „Vztahy, rovnice“ obsahuje matematické vyjádření interakcí jednotlivých faktorů a charakteristik prostředí působících na sledované struktury. Popisují chování sledovaného objektu a závislost na působících vlivech. Patří sem např. Newtonova rovnice pro výpočet síly proudící kapaliny, kterou je určována síla působícího vzduchu, rovnice ohybové čáry, popisující chování kmene, atd.

Při sledování mechanického chování určité struktury vycházíme z předpokladu statické rovnováhy. Ta nastává, když suma všech sil, působících na určitý objekt, je rovna nule (NIKLAS, 1992). Matematickým vyjádřením jsou rovnice rovnováhy (podle HEARMON, 1965), kde s_i je normálové napětí, t_i napětí smykové, X_i jsou složky objemové síly, indexy x, y, z označují jednotlivé směry v kartézské soustavě souřadnic:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + X_x &= 0 \\ \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + X_y &= 0 \\ \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + X_z &= 0\end{aligned}$$

Protože tyto rovnice popisují statické zatížení, které u stromů není pravidlem, je nutné vztahy upravit o dynamickou složku silového působení, čímž získáváme pohybové rovnice. Jejich tvar je následující:

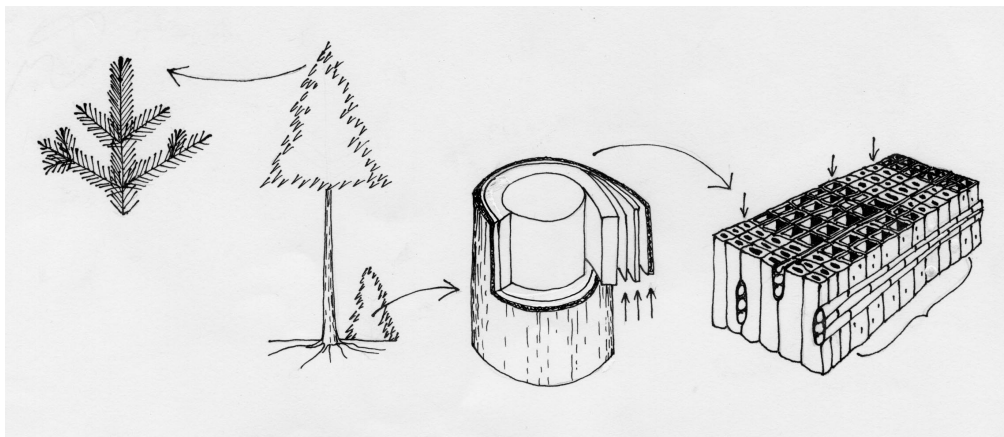
$$\begin{aligned}\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + X_x &= \rho f_x \\ \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + X_y &= \rho f_y \\ \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + X_z &= \rho f_z\end{aligned}$$

Okrajové a počáteční podmínky zahrnují popis stavu objektu a okolí. Patří sem tedy teplota okolí, vlhkost, rychlost proudění vzduchu, lokalizace, sklon terénu a další parametry.

5.5 Materiál

5.5.1 Mechanické vlastnosti dřeva

Dřevo je díky své stavbě a složení – je-li posuzováno jako technický materiál – mezi ostatními materiály zvláštním a těžko popsatelem fenoménem. V závislosti na způsobu namáhání (tlak, tah, smyk, ohyb, krut), směru působení síly (ve směru vláken, radiálně, tangenciálně), faktorech prostředí (rychlost zatížení, vlhkost dřeva i okolí, teplota) se v různých směrech liší nejen hodnoty výsledné tuhosti, pevnosti, deformovatelnosti, ale i charakter chování dřeva vůbec (plastický, elastický materiál). Podrobný popis daleko přesahuje možnosti této práce. Proto se budeme muset často omezit na holé konstatování faktů a případné rozvinutí problematiky ponechat na odbornou literaturu (např. Bodig, Jayne, 1993, Požgaj et al., 1997, Tsoumis, 1991).



Obr. 23: Schematické znázornění stavby dřeva stromů

Mechanickým namáháním tělesa nazýváme takový děj, při kterém dochází k interakci mezi působícími mechanickými silami a tělesem. Silovým působením na těleso vzniká napětí a následkem tohoto působení jsou dočasné nebo trvalé změny tvaru tělesa – deformace. Deformace mohou být také způsobeny i jinými vlivy, např. vlhkostním nebo tepelným namáháním, ale i dělením a růstem buněk (růstová napětí).

Základní druhy mechanického namáhání rozlišujeme podle druhu napětí, které v tělese vzniká v důsledku působení vnější síly. Mechanické napětí ve dřevě představuje míru vnitřních sil, které se v tělese objevují jako odpověď na působení vnějších mechanických sil (NIKLAS, 1992). Interakcí mezi mechanickým působením a odporem materiálu vzniká v tělese určitý stav napjatosti.

Ve vztahu k deformovatelnosti tělesa při různých druzích napětí jsou pro pevná tělesa charakteristické dvě základní vlastnosti – pružnost a pevnost. **Pružnost** dřeva je charakterizována jako schopnost dřeva dosahovat původních rozměrů po uvolnění vnějších sil. **Pevnost** dřeva charakterizuje odolnost dřeva proti trvalému porušení (POŽGAJ ET AL., 1997).

Pracovní diagram je grafické vyjádření průběhu vztahu mezi působícím napětím a vznikající deformací a je to základní podklad pro hodnocení materiálu. Z pracovního diagramu lze určit mechanické charakteristiky materiálu. Tvar pracovního diagramu odpovídá způsobu chování materiálu a je typický pro různé materiálové modely. Podle toho rozlišujeme materiály na elastické, plastické, viskoplastické, viskoelastické (podrobněji viz např. POŽGAJ ET AL., 1997, BODIG, JAYNE, 1993).

Pracovní diagram pro tlak ve směru vláken můžeme rozdělit na dvě části – na lineární část po mez úměrnosti σ_u a nelineární část nad mezí úměrnosti po mez pevnosti σ_p . Mez úměrnosti je definována jako takové napětí, do kterého v tělese vznikají pouze deformace pružné. Po ukončení silového působení tyto deformace zcela zanikají a těleso se vrací do původního stavu. Mez úměrnosti je některými autory uvažována jako limit, určující moment selhání dřeva (WESSOLLY, ERB, 1998). Chování materiálu, kdy velikost vznikajících deformací je přímo úměrná působícímu napětí a vznikají pouze deformace elastické, nazýváme lineárně elastické.

Se vzrůstajícím napětím nad mezí úměrnosti deformace dále rostou, ale nejsou již přímo úměrné působícímu napětí. Pracovní diagram ztrácí lineární charakter. Vznikají nejen deformace elastické, ale již také elastické v čase a plastické. Po překročení hranice pevnosti materiálu dochází k porušení tělesa. Porušení materiálu je v technické praxi definováno různými způsoby. Máme v zásadě tři možnosti určení momentu porušení. Jednak je to porušení integrity tělesa, vzorku (zlomení, přetržení). Takto je moment porušení identifikován při tahu a ohybu, případně smyku. Další možností je dosažení maximální pevnosti, porušení je dáno momentem, kdy na vzorek působilo největší napětí. Takto je porušení a mez pevnosti stanovována v tlaku ve směru vláken. Třetí možností je stanovení momentu porušení podle dosažení určité dohodnuté meze, např. určité deformace, nebo času nebo napětí, jak je tomu např. u tlaku kolmo na směr vláken. Existují i další způsoby, ale ty přesahují rámec (podrobnosti viz např. BODIG, JAYNE, 1993, POŽGAJ ET AL., 1997, TSOUMIS, 1991). Někteří autoři považují za mez porušení materiálu také mez úměrnosti (WESSOLLY, ERB, 1998) a zdůvodňují to tím, že po překročení meze úměrnosti již dřevo ztrácí nosnost a jeho přetvoření je trvalé, je trvale změněno. Je omezena také jeho schopnost plnit další nutné funkce (mechanickou, transportní).

Za mezí pevnosti dochází k poklesu linie pracovního diagramu. Ke vzniku určité deformace za mezí pevnosti je tedy zapotřebí menší napětí, tedy menšího množství energie. Dřevo ale neustále absorbuje energii deformací. To je dáno způsobem namáhání, protože při tahu či ohybu je porušením zlom, pak již samozřejmě dřevo žádnou další energii není schopné absorbovat a přenášet.

5.5.1.1 Napětí a deformace

Na těleso v prostoru působí dva druhy sil. Jsou-li síly projevem nějakého fyzikálního pole (gravitační pole, elektromagnetické pole, vlhkostní pole), projevují se uvnitř celého objemu tělesa, pak na každý objemový element působí síla, úměrná jeho hmotnosti. Tyto síly nazýváme **objemové**. U stromu přichází v úvahu gravitační pole a vlhkostní namáhání. Působí-li síla zevnějšku na stykové ploše s okolním prostředím (kontinuem) a z těchto míst se přenáší dovnitř tělesa z jedné vrstvy molekul na druhou, pak je nazýváme **síly plošné** (BRDIČKA, SAMEK, SOPKO, 2000).

Vztáhneme-li působící sílu na velikost plochy, získáme veličinu, označovanou jako **napětí** (stres, σ). Pokud je rozložení napětí v průřezu rovnoměrné, může být vztah zjednodušen na formu:

$$\sigma = \frac{F}{S}$$



A takto definované napětí se nazývá **smluvní**. Měření skutečného napětí je obtížné a je podmíněno znalostí dalších materiálových charakteristik (Poissonových čísel). Proto je většinou napětí zjišťováno jako smluvní. Napětí je udáváno v jednotkách tlaku (Pa, kPa, MPa, GPa).

Síly působící na těleso jsou v prostoru orientovány v různých směrech. Jestliže síly působí kolmo na průřezovou plochu tělesa (do plochy nebo z ní), jedná se o **normálové napětí**. Klasickým příkladem normálových napětí je napětí v tahu a tlaku. Působí-li síly v rovině průřezu, vzniká **tangenciální** (smykové) **napětí**. Příkladem tangenciálního napětí je napětí ve smyku nebo krutu. Kombinací normálových a tangenciálních napětí vzniká **ohybové namáhání**.

Napětí určuje množství energie, působící na materiál v podobě síly. Porovnání s pevností udává základní přehled o stabilitě tělesa (stromu). Napětí, vznikající působením různých faktorů (vitr, vlastní zatížení, růstová napětí) ve kmeni, větvích a kořenech, je vstupním parametrem pro exaktní hodnocení stability stromu, jeho jednotlivých částí a pro modelování jeho chování. Vznikající napětí se zjišťují při tzv. zátěžové analýze (WESSOLLY, ERB, 1998).

Deformací (ϵ) nazýváme změnu tvaru a rozměrů tělesa, vyvolanou působením vnějších sil. Deformace je spojena s posunutím, případně s rotací bodů v tělese. Kromě jednoduchého prodloužení nebo zkrácení se těleso může zkosit. Prodloužení a zkrácení rozměrů jsou charakteristická pro normálová napětí a nazýváme je **normálovými deformacemi**. Zkosení tělesa vzniká při tangenciálních napětích a nazýváme je **smykovou deformací**. Rotaci bodů lze popsat jako pootočení lokální souřadné soustavy bodu o určitý úhel.

Absolutní deformaci, určenou v délkových jednotkách, označujeme jako **posunutí** a pro naši potřebu je nebudeme uvažovat, neboť má menší vypovídací schopnost nežli relativní, a tudíž porovnatelná poměrná deformace. Ta je bezrozměrná nebo je udávána v procentech.

Po kvalitativní stránce se deformace rozdělují na:

- pružné deformace ϵ_p , které po odtížení tělesa okamžitě zmizí,
- deformace pružné v čase ϵ_{pc} , které po odtížení tělesa zmizí až po určité době,
- plastické deformace ϵ_{pl} , které jsou trvalé, po odstranění břemene nezmizí.

Na počátku zatěžování se vytvářejí pouze pružné deformace. V závislosti na směru a způsobu zatížení dřeva se postupně začínají vytvářet i deformace pružné v čase a deformace plastické. Napětí, působící v momentě vzniku prvních plastických deformací ve dřevě, tzv. mez úměrnosti, bývá také ztotožňováno s hranicí trvalé pevnosti dřeva. S pokračujícím zatěžováním se vytvářejí současně všechny tři typy deformací. Po odtížení zanikají okamžitě deformace pružné, postupně odeznívají deformace pružné v čase a zůstávají případné deformace plastické neboli trvalé (BODIG, JAYNE, 1993).

WESSOLLY A ERB (1998) považují za zásadní pro řízení a regulaci mechanického chování stromu deformace pružné. Působením obvyklých zatížení vznikají pouze pružné deformace, které jsou ihned po přerušení zatížení pružností materiálu eliminovány. Deformace pružné v čase a plastické deformace dlouhodobě nebo trvale mění tvar objektu a strukturu materiálu a tak narušují stav, optimalizovaný adaptačním růstem stromu. Proto lze jejich výskyt považovat za identifikátor selhání stromu, resp. za počátek selhání (*Primärversäugung*; WESSOLLY, ERB, 1998). Proto lze pro modelování stromu použít model, založený na elastických vlastnostech materiálu. S tím souhlasí také způsob výpočtu, používaný u jiných autorů (namátkou např. NIKLAS, 1992, NIKLAS, SPATZ, 2000).

Přesto můžeme na stromech zaznamenat také deformace trvalé. Například na spodní, tlakové straně větví a u nakloněných kmenů, kde působí trvalé zatížení vlastní hmotností, lze často pozorovat zvlnění povrchu (spíše u druhů s tenkou borkou), které je způsobeno trvalou tlakovou deformací dřeva. Tato deformace vzniká za horkých dnů, kdy klesá předpětí kmene a dočasné se mění podmínky, na něž je strom optimalizován (WESSOLLY, ERB, 1998).

5.5.1.2 Modul pružnosti

Důležitou charakteristikou materiálu je jeho **tuhost**. To je vnitřní odpor proti přetvoření (POŽGAJ ET AL., 1997). Koeficienty, které jej kvantifikují, jsou normálové moduly pružnosti **E** a smykové moduly pružnosti **G**.



Modul pružnosti udává sílu, kterou by bylo třeba působit, aby se těleso prodloužilo (zkrátilo) o jednu délkovou jednotku. Lze jej určit z pracovního diagramu jako směrnici přímkou, proloženou lineární částí pracovního diagramu (viz Obr. 90) podle vztahů uvedených níže, tedy jako podíl mezi působícím napětím a vzniklou deformací (nejčastěji na mezi úměrnosti). Udává se v Pa, resp. v příslušných násobcích. Rozeznáváme **normálové moduly pružnosti E** , které vyjadřují tuhost při normálovém namáhání, a **smykové moduly pružnosti G** , které vyjadřují tuhost při smykovém namáhání. Jejich matematické vyjádření je následující:

$$E = \frac{\partial \sigma}{\partial \varepsilon} = \operatorname{tg} \alpha; \quad G = \frac{\partial \tau}{\partial \gamma}$$

kde $\partial \sigma$, resp. $\partial \tau$ je diferenciál normálového, resp. smykového napětí,
 $\partial \varepsilon$, resp. $\partial \gamma$ diferenciální změna normálové, resp. smykové deformace,
 ε úhel mezi lineární částí pracovního diagramu a osou x.

Moduly pružnosti lze určit pouze experimentálně. Obvykle jsou tyto parametry zjišťovány na zkušebních strojích, kde je současně měřena deformace a působící silové zatížení.

Dřevina	modul pružnosti [MPa]						
	v tlaku a tahu			v ohybu	ve smyku		
	E_L	E_R	E_T	E_{oh}	G_{LR}	G_{LT}	G_{RT}
<i>Picea</i>	14 300	680	470	12 800	1 230	800	55
<i>Fraxinus</i>	15 700	1 875	1 250	13 900	1 325	1 080	255
<i>Populus</i>	13 900	885	350	8 600	840	385	110

5.5.1.3 Pevnost dřeva

Pevnost dřeva charakterizuje odpor (odolnost) dřeva proti jeho trvalému porušení. Obvykle se vyjadřuje napětím, při kterém dojde k porušení tělesa. Je dána na chemické úrovni struktury dřeva pevností majoritních vazeb (kvalitní nebo H^+ , podle směru namáhání), na vyšších úrovních pak pevností stavebních elementů (elementární fibrily, mikrofibrily, makrofibrily, jednotlivé buňky a jejich spojení, letokruhy). Opět je nutné vzít v úvahu základní stavební princip dřeva, strukturu vláknitého kompozitu a směrovou závislost vlastností. Pevnost ve směru vláken dřeva, tedy ve směru majoritních chemických vazeb a hlavních anatomických elementů, je vysoká, ve směru kolmém je nižší. Následující tabulka uvádí pevnosti základních druhů dřev.

Pevnost vybraných druhů dřev; L – podélně, R – radiálně, T – tangenciálně (POŽGAJ ET AL., 1997).

Druh dřeva	Pevnost v tlaku			Pevnost v tahu			Pevnost ve smyku
Směr	L	R	T	L	R	T	-
<i>Picea</i>	34,1	3,4	4	74,4	2,2	1,7	6,7
<i>Pinus</i>	49,9	2,7	5,5	-	-	-	8,5
<i>Quercus</i>	59,8	11	8,5	-	-	-	13,3
<i>Fraxinus</i>	58,9	-	-	161,2	-	-	-
<i>Fagus</i>	56,7	12,9	8,5	133,5	3,4	4,4	12,6
<i>Carpinus</i>	62,5	14	8,5	66,8	4,6	3,8	13,6
<i>Populus</i>	31	-	-	-	4,9	2,9	5,4

Pevnost jednotlivých buněk, a tím také celého pletiva, je ovlivněna:

- tloušťkou buněčné stěny a jejich jednotlivých vrstev,
- podílem jednotlivých chemických složek v ní,
- úhlem uložení vláken v jednotlivých vrstvách,
- způsobem uložení buněk vůči směru vznikajícího napětí atd.



Jednotlivé buňky mohou být také zpevněny pomocí různých ztlustěnin buněčné stěny, různých spirál, žeber a jiných tvarů.

Pro hodnocení stability stromu se nabízí otázka, jaký parametr lze vlastně definovat jako moment selhání materiálu. Nabízejí se dva – mez pevnosti σ_p a mez úměrnosti σ_u . Jak již bylo uvedeno v předcházející kapitole, někteří autoři preferují používat jako identifikátor momentu selhání mez úměrnosti (WESSOLLY, ERB, 1998, NIKLAS, 1992). Z mechanického pohledu by byla správnější maximální pevnost, neboť po jejím překročení dochází k porušení materiálu (POŽGAJ ET AL., 1997). Vznik a rozvoj plastických deformací a trhlin však již dřevo do určité míry vyřazuje z funkce, ačkoliv může absorbovat ještě poměrně velké množství deformační energie (v závislosti na směru a způsobu namáhání).

5.6 Geometrie

V této kapitole se budeme zabývat vztahem mezi tvarem kmene a jeho mechanickým chováním. Tvar kmene se objevoval ve všech uváděných schématech (trojúhelnících), popisujících možné systémy výkladu stability stromu. V trojúhelníku růstu je to vlastní projev nevratné změny tvaru a objemu jednotlivých orgánů; v trojúhelníku stability je tvar jedním ze samostatných vrcholů; v trojúhelníku strukturální analýzy se skrývá pod „Okrajovými podmínkami analýzy“.

Adaptace tvaru kmene je základní možností reakce na změnu podmínek. K této adaptaci dochází prostřednictvím růstu. Změnou průměru a výšky kmene, velikosti olistěné plochy a lokálními změnami tvaru dosahuje strom příznivého rozložení napětí na kmeni a zajišťuje tím také dostatečnou pevnost kmene i větví a kořenů (NIKLAS, 1992, OSLER, WEST, DOWNER, 1996, MOULIA, FOURNIER-DJIMBI, 1997, WESSOLLY, ERB, 1998, COUTAND ET AL., 2000).

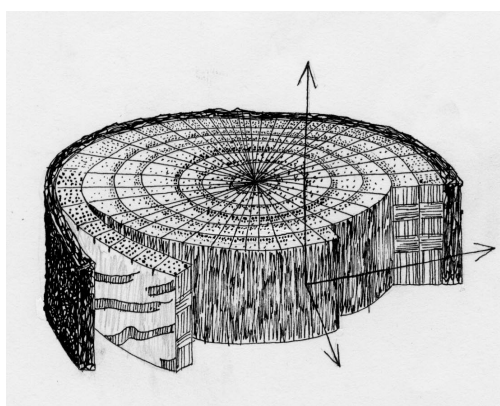
Zvláštní otázkou jsou různé růstové defekty jako je například spirálovitý růst vláken dřeva, existence tlakových vidlic atd., které výrazně modifikují rozložení napětí ve kmeni (HARRIS, 1989, ZOBEL, BUIJTENEN, 1989, MATTHECK, 1991, TSOUMIS, 1991). Samo označení „defekt“ je z pohledu stromu nevhodné. To je pohled zcela antropomorfní, většinou má původ v pohledu produkce dřeva. Ale cílem existence stromu není produkce kvalitního řeziva nebo palivového dříví. Cílem existence stromu není ani vytvoření harmonické koruny s pozitivním estetickým efektem. Cílem existence stromu je zaujmout určitou část biotopu, úspěšně a co nejdéle ovládnout obsazený prostor a zajistit reprodukci. Součástí této strategie je i zajištění dostatečné stability stromu (rozumějme mechanické stability, proti zlomu a vyvrácení). Proto ani neforemná koruna, ani výskyt „vad“ není možné z pohledu stromu označit jednoznačně jako negativní, naopak se většinou jedná o produkt právě geometrické optimalizace (MATTHECK, 1991). Tvar stromu jako celku i jednotlivých částí (kmen, větve, kořeny) je výsledkem optimalizačního procesu a je kompromisem mezi požadavky plněných funkcí. Takto je ve tvaru stromu zapsána jeho vlastní historie, čehož lze využít např. při dendrochronologických a dendroekologických analýzách a také při hodnocení stability stromu (např. metoda VTA; MATTHECK, BETHGE, 1991).

5.6.1 Principy tvarové optimalizace

Možností, jak zajistit dostatečnou mechanickou stabilitu, je úprava geometrie nosného prvku. V této kapitole se seznámíme se základními principy tvarové optimalizace stromu a také se základy chování stromu z pohledu mechaniky.

V mechanice lze strom chápat jako jednostranně vetknutý neprizmatický nosník zatížený nerovnoměrným spojitým zatížením. V půdě je strom upevněn pomocí kořenového systému. Obvykle se pro výpočty a modelování zjednodušuje na úplné vetknutí bez stupňů volnosti, tedy bez možnosti jakéhokoli posunutí, deformace (GUITTARD, CASTERA, 1995, WATSON, 1995, WOOD, 1995, KERZENMACHER, GARDINER, 1998, PELTOLA, KELLOMÄKI, HASSINEN, 2000).

Základním přístupem v konstrukční morfologii je princip optimálního designu – každá biologická struktura, a tedy i kmen a jeho části, má být optimálně adaptována k přenosu zatížení, jemuž je vystavena (MATTHECK, TESCHNER, SCHÄFER, 1997, MATTHECK, BETHGE, 1998). Tvar kmene a jeho částí



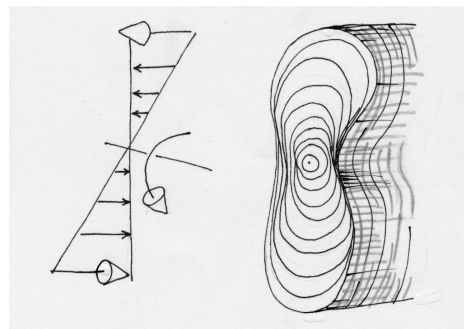
Obr. 24: Znázornění směrů působení zátěže na profil kmene.

je výsledkem působení více faktorů, mezi nimiž hraje mechanické namáhání významnou, ne-li hlavní úlohu. Mechanické namáhání slouží jako podnět při růstu a diferenciaci buněk dřeva. Mechanismus se nazývá adaptivním růstem – stromy mají kompromisní stavbu, vycházející z naplňování různých (i protichůdných) požadavků. Jako optimalizační kritérium (limitující složka) je obvykle uvažován princip spotřeby co nejmenšího množství materiálu.

5.6.1.1 Konstantní napětí vs. pružná podobnost

Vztah mezi namáháním stromu, resp. kmene, a jeho tvarem je popisován pomocí dvou modelů. Je to model konstantního napětí (METZGER, 1893, in NIKLAS, SPATZ, 2000) a model pružné podobnosti (RASHEVSKY, 1944, MCMAHON, 1973).

Hypotéza tzv. **konstantního napětí** (*static stress*; MOSBRUGGER, 1990) byla poprvé publikována německým lesníkem Metzgerem v roce 1893 (NIKLAS, SPATZ, 2000). Tvrdí, že kmen a větve stromu mají takový tvar, že na celém jeho povrchu (kmen, větve, napojení a kořeny) se snaží eliminovat lokálně vysoká napětí (poranění, defekty) nebo lokálně nízká napětí (nadbytek materiálu; MATTHECK, 1991, MATTHECK ET AL., 1997) a na celém povrchu působí rovnoměrně rozložené konstantní napětí. Přitom předpokládá, že ohybový moment, působící na povrchu kmene, je po celé výšce konstantní. MOULIA, FOURNIER-DJIMBI (1997) popisují princip hypotézy poněkud odlišně. Podle nich se jedná spíše o princip vyrovnání napětí. Cílem je ustavit konstantní podíl mezi pevností materiálu a lokálními stavy napětí (tzv. bezpečnostní faktor – *safety factor*) na celém povrchu stromu.



Obr. 25: Optimalizace růstu pro ohybové namáhání.

V mechanické praxi jsou známy konstrukce nosníků, které splňují požadavek konstantně rozloženého napětí. Tento požadavek je chápán jako optimalizační faktor, který zaručuje minimální spotřebu konstrukčního materiálu při zachování dostatečné únosnosti materiálu. TIMOSHENKO, GERE (1984) je uvádějí pod názvem *fully stressed beams*, což lze přeložit jako plně zatížené (využité) nosníky. Autoři vycházejí z obecného vztahu pro výpočet únosnosti nosníku:

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

Kde : M je působící ohybový moment,
 S sekční modul plochy.

Pro obdélníkový průřez odvozují vztah:

$$h = \sqrt{\frac{6 Px}{b\sigma}}$$

kde h je hledaná šířka nosníku,
 x zadaná výška,
 P působící síla,
 b tloušťka nosníku,
 σ pevnost materiálu.

Poměr mezi průměrem a výškou stromu, který charakterizuje tvar kmene stromu (tzv. výtvarnici), lze odvodit ze vztahu pro ohybové napětí:

$$\sigma = \frac{4 \cdot F \cdot L}{\pi \cdot r^3}$$

kde σ je vznikající napětí,
 F působící síla,
 L vzdálenost bodu od vrcholu (resp. působiště síly) neboli rameno páky,
 r poloměr průřezu nosníku.



Aby toto napětí σ zůstalo konstantní, musí platit, že:

$$L = k_1 \cdot r^3$$

$$\text{respektive } r = k_2 \cdot L^{\frac{1}{3}}$$

kde k_1 a k_2 jsou konstanty.

V případě zatížení vlastní hmotností pro vztah mezi výškou a poloměrem získáváme vztah

$$r = kL^2$$

5.6.1.2 Thigmomorfogeneze

Termín zavedl JAFFE (1973, in TELEWSKI, PRUYN, 1998). Thigmomorfogeneze je tvarová a vývojová odpověď rostliny na mechanické dráždění (NIKLAS, 1992, HEPWORTH, VINCENT, 1999, COUTAND ET AL., 2000). Tento efekt je pozorovatelný jak u dřevin, tak u bylin (NIKLAS, 1992, TELEWSKI, PRUYN, 1998). Mechanický stimul je rostlinou přijat a jako biologický signál přenášen, až způsobí změnu růstu a vývoje rostliny. Obvyklým projevem je zpomalení výškového růstu a naopak výraznější radiální růst jako reakce na zvýšené mechanické dráždění, naopak změna mechanických vlastností dřeva není podle NIKLASE (1992) thigmomorfogenetickou reakcí⁹, HEPWORTH A VINCENT (1999) naopak změnu materiálových charakteristik jako součást thigmomorfogenetické reakce zahrnují. V rámci tohoto typu reakce také dochází ke statisticky průkaznému snížení listové plochy.

Nezáleží na zdroji mechanického dráždění, jedná-li se o vítr nebo stimulaci pomocí technického zařízení. TELEWSKI A PRUYN (1998) uvádějí, že stromy (konkrétně *Ulmus americana*) jsou mnohem citlivější nežli byliny.

Vlastní reakcí stromu je zpomalení dlouhivého růstu rostliny, zvýšení intenzity tloušťkového růstu a také snížení listové plochy. Tyto reakce snižují velikost potenciální síly větru (ta je přímo závislá na ploše listů, propustnosti koruny a také na výšce stromu) a zvyšují tuhost kmene (menší štíhlostní poměr, tedy silnější a nižší kmen).

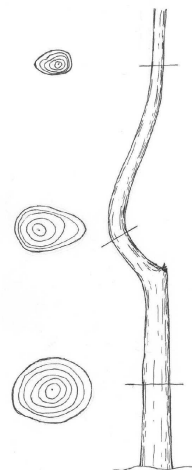
Je tedy zřejmé, že strom reaguje na mechanickou stimulaci adaptačním růstem, optimalizací tvaru, takže jeho rozměry a geometrie velmi vyváženě vyrovnávají vliv genetického základu, okolních podmínek i konkrétního materiálu (MATTHECK, 1991, MATTHECK, BETHGE, 1998, HEPWORTH, VINCENT, 1999).

5.6.2 Modifikace geometrie kmene

V následujících oddílech bude pojednáno o některých možnostech a parciálních jevech adaptačního růstu. Pokusíme se popsat, jakým způsobem rostlina modifikuje geometrii stonku – v našem případě kmene – a jaká je výhoda této modifikace. Za základní modifikace geometrie kmene a větví, které zvyšují mechanickou stabilitu stromu, lze považovat excentrický růst, vytváření dutých os a tvorbu kořenových náběhů.

5.6.2.1 Excentrický růst

Velmi častým jevem je excentrický tvar kmene, respektive větví a kořenů (u nichž bývá spíše pravidlem; Mattheck, Teschner, Schäfer, 1997, Nicoll, Ray, 1996). Vyskytuje se často u stromů rostoucích ve stromořadí nebo na okrajích porostů. Je spojen s opakovaným převládajícím zatěžováním z určité strany. Zvýšením namáhání a dráždění kambia dochází ke zintenzivnění růstu v určitých partiích kmene. V těchto směrech má pak kmen větší tuhost a to vlivem zvětšení momentu setrvačnosti plochy, tedy geometrické složky stability.



Obr. 26: Modifikace geometrie kmene v různých částech stromu.

⁹ Thigmomorfogenetická reakce zahrnuje přijetí a přenos mechanického signálu, jehož princip není dosud přesně stanoven. NIKLAS (1992, str. 141) uvádí, že zvýšená stimulace větrem, deštěm nebo manipulací má za následek zvýšení obsahu mRNA (až 100násobně), nesoucí TCH geny (*touch-induced*), kódující bílkovinu kalmodulin, která je aktivována pomocí iontů Ca^{2+} . To ukazuje na úzké spojení s působením vápníku a možná také fytochromu, jehož aktivita je také ovlivňována bílkovinou kalmodulinem (PROCHÁZKA ET AL., 1998).

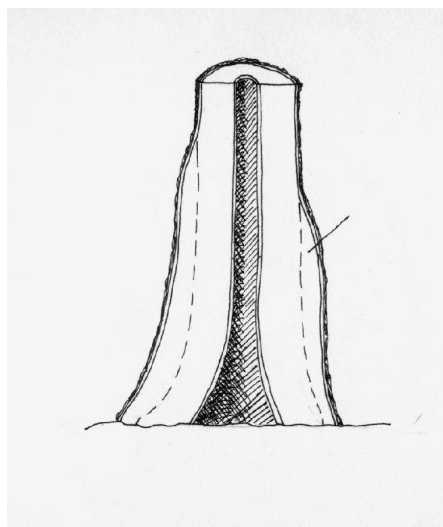
Výrazně se tento způsob adaptace objevuje u kořenů. NICOLL A RAY (1996) a NICOLL (2000) na základě hodnocení transektů kořenů smrku (*Picea sitchensis*) identifikují tvar kořenů, podobný nosníku T, a to výrazněji na závětrné straně stromu. Tento tvar přecházel (hlavně na návětrné straně) v tvar nosníku I. S rostoucí vzdáleností od kmene se obnovoval kruhový tvar kořenů a zmenšoval se jejich průměr. Kořeny podle autorů reagují na ohýbání optimalizací alokace dostupných asimilátů k dosažení maximální pevnosti. Je zřejmé, že strom k optimalizaci na podmínky okolí využívá modifikaci tvaru svých jednotlivých částí.

5.6.2.2 Dutý kmen

Dutý kmen může být buď přirozeným jevem a součástí druhových vlastností (bambus a trávy), a nebo může být také výsledkem působení patogenních organismů a obranných mechanismů stromu. V tomto úseku budeme mluvit pouze o prvním případě.

Výhodou takové stavby je, že použitím stejného množství materiálu lze díky výhodnějšímu prostorovému uspořádání materiálu dosáhnout mnohem větší tuhosti (NIKLAS, 1992, NICOLL, RAY, 1996). Jelikož převažujícím způsobem namáhání kmene je ohyb, a při ohybu je maximální napětí lokalizováno na okraj nosníku, je materiál „uvnitř“ nosníku méně zatěžován a je tedy svým způsobem „zbytečný“. Může být tedy použit jinde, v exponovanějších částech, tedy na obvodu. V technické praxi i v přírodě je tento princip zhusta využíván (TIMOSHENKO, GERE, 1984), vzpomeňme jen nosníky s různými profily (I, T, L, trubky, duté kosti ptáků, stébla trav).

Nevýhodou dutých kmenů je nemožnost vytvářet rozsáhlejší větvení. Pevnost a bezpečnost velkých větví stromů garantuje pevné napojení závitovou zónou větevního nasazení. Pokud je kmen dutý, a tedy chybí možnost vytvářet tuto zónu (případně je zóna narušena dekompozicí dřeva), těžké větve se nemohou vytvořit (event. se mohou vytrhnout) (MOSBRUGGER, 1990). Jako příklad nám opět může posloužit bambus a trávy. Z pohledu arboristiky je existence dutiny, zvláště v okolí větvení, významným symptomem, snižujícím provozní bezpečnost stromu.



Obr. 27: Schematické znázornění tvorby zbytečných kořenových náběhů jako následku vzniku dutiny.

5.6.2.3 Kořenové náběhy

Určitou modifikací geometrie kmene je tvorba kořenových náběhů. Z našich druhů vytváří výrazné kořenové náběhy například *Populus nigra*, zvláště jeho sloupovitá forma *Populus nigra* 'Italica'. CROOK, ENNOS A BANKS (1997) shrnují, že obecně uznávaná funkce náběhů je mechanická. MATTHECK (1991) dává kořenovým náběhům funkci výztuhy, která slouží k přenosu a rozptýlení vznikajících sil z kmene na vertikální kořeny (*sinker roots*) tak, aby se zabránilo rozštípnutí kořenů nebo jejich přetržení. CROOK, ENNOS A BANKS (1997) toto vyvracejí, u jejich souboru náběhy neměly žádné upevňující kořeny a i stromy s náběhy měly kulový kořen. Častěji také u stromů s náběhy došlo k delaminaci spíše nežli k vyvrácení. Oproti srovnatelným stromům bez kořenových náběhů jsou podle výsledků autorů stromy s náběhy 2 krát lépe zakotveny. Přítomnost náběhů také zlepšuje využití mechanických možností stromu¹⁰. U stromů bez náběhů zajišťuje stabilitu kulový kořen a kořeny na návětrné straně. Oproti tomu kořenové náběhy se zapojují do stabilizace jak na návětrné, tak závětrné straně.

Jako rozhodující pro existenci kořenových náběhů uvádějí autoři výšku stromu. Čím větší a vyšší strom, tím častěji lze zaznamenat přítomnost náběhů. Mechanická účinnost „obvyklého“ tvaru s výškou stromu klesá a později by byla pravděpodobně nedostačující¹¹.

¹⁰ Největší odpor vůči vyvrácení vzniká u stromů s náběhy před selháním. Naproti tomu u stromů bez náběhů dochází k vyvrácení ještě před dosažením maximální pevnosti ukotvení (CROOK, ENNOS, BANKS, 1997).

¹¹ Je třeba podotknout, že výzkum, který je v textu zmiňován, byl prováděn na stromech v tropických pralesích.



5.7 Zatížení a síly působící na strom

V následujícím oddíle budeme sledovat zdroje mechanického zatížení stromu. Budeme se zabývat jejich identifikací, určením způsobu zatížení stromu a určením způsobu chování stromu v důsledku zatížení.

5.7.1.1 Vítr

Vítr je proudění vzduchu z míst většího atmosférického tlaku do míst s menším atmosférickým tlakem. Vzduch při tom podléhá zákonům proudění kapalin. Je to nejvýznamnější zdroj sil působících na strom. Jednak velikostmi napětí, která vznikají při zatíženích větrem, dále tím, že jeho namáhání je dynamické a proměnlivé. To vše ostatní zdroje zátěže postrádají - vesměs se jedná o zdroje statického nebo trvalého namáhání.

Velikost působící síly

Při výpočtu velikosti vznikající síly lze použít Newtonova vztahu pro kapaliny. Tento vztah má ovšem jistá omezení. Předpokládá, že se jedná o newtonskou kapalinu, tedy že je to látka nestlačitelná a že proudění, ke kterému dochází, je laminární. Přesto je však pro svou jednoduchost hojně využíván (WESSOLLY, 1998, NIKLAS, SPATZ, 2000, GARDINER, PELTOLA, KELLOMÄKI, 2000, a další). Tvar rovnice je následující:

$$F_w = 0,5 \cdot C_x \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A$$

kde	F_w	vznikající síla,
	C_x	koeficient aerodynamického odporu koruny,
	ρ	hustota vzduchu (1 293 kg · m ⁻³),
	v	rychlost vzduchu,
	A	plocha koruny.

Jak je vidět, ve vzorci jsou dvě konstanty (0,5 a hustota vzduchu), které tedy nemají vliv na proměnlivost zatížení, a pak tři proměnné hodnoty, a to plocha koruny, rychlost větru a aerodynamický odpor koruny. Proberme je nyní jednotlivě.

Plocha koruny

Vztah mezi velikostí plochy koruny a velikostí vznikajícího zatížení je jasný. Čím větší plochu strom vystavuje proudění, tím větší zatížení vzniká. Koruna funguje např. jako plachta lodi. Kinetická energie proudícího vzduchu je předávána vlivem tření vzduchu o povrch listů, větví a kmene a vlivem přímého silového působení na listy, větve a kmen.

Zachycení kinetické energie větru není jednoduchou záležitostí, protože koruna stromu není pevná plocha. Struktura koruny umožňuje efektivní snižování vznikajících sil. Začneme listy. Listy mají jeden z rozměrů výrazně menší než ostatní. Navíc jsou k větví připevněny řapíkem, často dosti dlouhým a flexibilním. Při větru se natáčí po směru a vystavují proudě vzduchu svůj nejmenší rozměr. Část energie je také spotřebována na deformaci řapíku, tedy na deformování chemických vazeb a vnitřní tření v pletivu, přičemž je kinetická energie převáděna na tepelnou.

K podobnému efektu dochází u slabých větví, opět se sklání ve směru větru, čímž dochází k výraznému snížení efektivní plochy koruny. Postupně se silou větru deformují stále silnější a silnější výhony, takže nejmenší odpor má koruna paradoxně při vysokých rychlostech větru. Tento efekt je označován jako **streamlining**. Vhodnou ilustrací je např. *Betula pendula* a nebo převislé variety vrb. GARDINER ET AL. (2000) popisuje tento efekt zmenšení plochy koruny a uvádí, že při rychlosti větru do 11 m.s⁻¹ je redukce plochy 20 %, při rychlostech nad 20 m.s⁻¹ 60 %.

Aerodynamický odpor C_x

Vyjadřuje odpor koruny vůči pronikání vzduchu. Někdy bývá také označován jako prodouvavost, koeficient prodouvavosti (*j*), který je stanoven jako podíl mezi množstvím vzduchu před a za korunou (VICENA ET AL., 1979). My se ale podržíme běžnějšího označení součinitel odporu vzduchu, resp. aerodynamický odpor. Plná plocha má součinitel odporu vzduchu roven 1. Velikost C_x u stromu není konstantní. Je funkcí druhu stromu a rychlosti proudění vzduchu. Vliv druhu je dán anatomickými, morfologickými a mechanickými rozdíly v architektuře koruny a struktuře dřeva kmene a větví. Jak je uvedeno výše, aerodynamický odpor závisí také na rychlosti proudění (viz streamlining).

Konečná hodnota koeficientu odporu koruny je v literatuře udávána od 0,25 do 0,45 (WESSOLLY, ERB, 1998, PELTOLA ET AL., 1997, NIKLAS, 1992, GARDINER ET AL., 2000).



Rychlost proudění

Důležitou otázkou je rozložení vektorů proudění vzduchu po výšce. Obecně je známo, že rychlost větru se s výškou zvětšuje. Je to způsobeno zpomalováním rychlosti proudění vzduchu v přízemních vrstvách vlivem tření o povrchy a pronikáním vegetací, případně umělými překážkami, jako je zástavba. Působením překážek jako jsou stavby, porosty stromů, vegetace a geomorfologické útvary, se jednak mění rychlost, ale hlavně také charakter proudění. Laminární proudění, ke kterému by mohlo docházet v rovinaté krajině bez překážek, se mění na proudění turbulentní. Dochází ke vzniku míst se zvýšenou rychlostí (návětrná strana, větrné tunely jako např. ulice s vysokými domy) a se sníženou rychlostí proudění (závětrí za překážkou). Také směr proudění se mění, dochází k rotaci vzduchu, tvorbě vzdušných vírů.

Rozložení rychlostí větru je popisováno různými funkcemi. Od konstantního rozložení (tedy bez změny), přes lineární změnu, po změnu sledující nelineární změnu funkční závislosti, např. logaritmickou.

Jako obecně uznávaný a platný se označuje logaritmický profil (kde z_0 je drsnost povrchu – 0,05krát výška okolní vegetace). Je zde ale patrné, že změna „tvaru“ rozložení rychlostí u různých modelů při výpočtech měla pro změnu výsledného silového zatížení sledovaných stromů menší vliv nežli změna tvaru kmene a koruny (NIKLAS, SPATZ, 2000).

Skutečnost nerovnoměrného rozložení rychlosti je pro mechaniku stromu důležitá. Znamená to, že strom s větší výškou je při stejné ploše koruny více zatěžován, protože je vystavován větším rychlostem větru, a tudíž i většímu silovému působení.

Vlastní hmotnost

Zatížení vlastní hmotností je dáno působením tíhy kmene, větví a asimilačního aparátu. Tato hmota působí trvalé zatížení ohybové (u větví a nakloněného kmene), tlakové (kmen stromu) a namáhání vzpěrem. Velikost tohoto namáhání je v porovnání s napětími, vznikajícími působením větru, poměrně malé. Protože se ale jedná o zatížení trvalé, je nutné uvažovat s výrazně menší tuhostí a pevností dřeva. Proto nelze opomíjet vliv vlastní hmotnosti stromu na jeho bezpečnost. Zejména u stromů rostoucích šikmo, např. vlivem fototropie, může být trvalé zatížení i důvodem selhání. Vzhledem k tomu, že zatížení větrem je výrazně větší než zatížení vlastní hmotností, je strom, který je dostatečně zabezpečen proti zlomení a vyvrácení, také dostatečně dimenzován pro napětí, vznikající z působení vlastní hmotnosti.

Výpočet takto vznikající síly je jednoduchý, síla je určena hmotností stromu, tedy:

$$F_g = m \cdot g$$

kde F_g je výsledná síla,
 m je hmotnost stromu,
 g je gravitační konstanta.

Zatížení vlastní hmotností bývá zvýšeno dočasně aditivní zátěží sněhu, vody a nebo ledu, které působí stejným způsobem.

Voda

Voda působí jako přídatná zátěž k vlastní hmotnosti stromu. Jedná se o vodu zachycenou povrchem stromu, na kmeni, větvích v koruně, při dešti, případně kondenzovanou z ovzduší. Voda kapalná netvoří příliš velkou zátěž, na rozdíl od ostatních forem výskytu - sněhu a ledu - a to hlavně díky nesmáčivému povrchu listů. Zachycená voda pak stéká po větvích a kmeni na zem.

Vliv vody se může projevit jinak – snížením soudržnosti zeminy a snížením tření mezi kořeny a půdou, což může významně snížit sílu, potřebnou pro vyvrácení stromu.

Sníh

Sníh a námraza jsou mnohem významnější zdroje zatížení stromů než voda. Sníh i led se mohou hromadit v koruně, samozřejmě nestékají a jejich hmotnost může být velmi vysoká.

Škodlivý je hlavně sníh mokrá. Ten může vytvářet souvislé vrstvy a jeho hustota je vysoká - 300–500 kg.m⁻³ (extrém 800 – 900 kg.m⁻³ BÜHLER, in VICENA ET AL., 1979). Jako kritická vrstva je uváděno 25–40 cm sněhu v korunách (VICENA ET AL., 1979). PELTOLA ET AL. (1997) uvádějí jako středně rizikové množství sněhu 20–40 cm, vrstva 60 cm znamená velmi vysoké riziko vzniku poškození.



Námraza

Rozeznáváme tři typy námrazy: jinovatku, zrnitou námrazu a ledovku. Z nich jsou nebezpečné druhá a třetí forma, tj. zrnitá námraza a ledovka. Rozdíl mezi nimi je ve způsobu vzniku. Zrnitá námraza je vrstva rychle umrzajících kapek, ledovka vzniká pomalým mrznutím deště. Hustota námrazy i ledovky se pohybuje kolem 400 kg.m^{-3} a v korunách mohou vznikat vrstvy často i několik desítek centimetrů silné (VICENA ET AL., 1979). Ty pak způsobují selhání částí koruny, v extrémním případě i stromu jako celku.

K tomu se přidává vliv snížené teploty kmene, čímž dochází ke změně mechanických vlastností dřeva. To se stává sice tužším a pevnějším, ale křehčím. Následkem přetížení jsou zlomy větví, případně částí kmene, hlavně v koruně – pro námrazu je typický výskyt vrcholových zlomů (VICENA ET AL., 1979). S tím je pak spojeno i šíření patogenních organismů v poškozených částech stromu.

5.7.2 Biomechanika stromu

Strom si z pohledu mechaniky můžeme popsat jako jednostranně vetknutý neprizmatický nosník, zatížený nerovnoměrným spojitým zatížením. Tento nosník – sloup – je ukotven v zemi pomocí kořenového systému. Uložení není v reálu úplně tuhé, tzn. že by neumožňovalo deformování, posunutí, ale lze je přirovnat k uložení na pružině nebo čepu. WESSOLLY, ERB (1998) dokazují, že toto uložení umožňuje určitý reponibilní náklon (tedy chování podobné elastickému chování materiálu).

Na strom tedy působí určité síly, jejichž zdroje byly probrány výše v textu. Tyto síly, respektive napětí, které jejich působením vzniká, můžeme rozdělit:

- podle druhu namáhání na tlakové, tahové, smykové (jednoduché způsoby namáhání), ohyb, krut a vzpěr (kombinované způsoby namáhání),
- podle délky působení na dlouhodobé (trvalé) zatížení (zatížení vlastní hmotností, vlivem náklonu, sněhem a ledem), statické (trvá několik minut) a dynamické namáhání (je kratší než minuta – vítr, kmitání vlivem větru).

5.7.2.1 Tlakové zatížení

O tlakovém namáhání hovoříme, pokud působící normálová síla působí kolmo na průřez a do průřezu. Tento způsob namáhání se ve stromě vyskytuje vlivem vlastní hmotnosti a také vzniká při ohybovém namáhání kmene nebo větví. Velikost napětí, vznikajícího vlastní hmotností, není velká – ve srovnání se silami, které mohou vzniknout vlivem větru. Nelze ji však zanedbávat. V místech s omezeným prouděním vzduchu, jako například uvnitř hustě zapojeného porostu a nebo u podúrovňových stromů, je zatížení vlastní hmotností hlavním zdrojem mechanického namáhání. Velikost vznikajícího napětí lze stanovit podle vztahu :

$$\sigma_G^C = \frac{m \cdot g}{A}$$

- kde σ_G^C je vznikající tlakové napětí,
 m je hmotnost stromu, případně další přídavné zátěže (sníh, led),
 g je tíhové zrychlení ($9,81 \text{ m.s}^{-2}$),
 A je plocha průřezu.

Tlakové napětí nacházíme také uvnitř kmene. Zde vzniká jako následek dělivé činnosti kambia, kdy jsou vnitřní vrstvy dřeva stlačovány vlivem objemového a diferenciačního růstu nově vzniklých buněk dřeva. Tento jev se nazývá předpětí kmene a je to jeden z adaptačních mechanismů stromu, umožňující dokonalejší využití mechanické kapacity dřeva.

5.7.2.2 Tahové zatížení

Obvykle žádná zátěž nepůsobí tak, aby na kmeni vznikalo čistě, nebo alespoň převážně tahové napětí. Proto se s tahovým napětím setkáváme hlavně jako s jednou ze vznikajících složek při ohybovém namáhání kmene. Takto vzniká tahové napětí na návětrné straně stromu, při náklonu též na svrchní straně kmene a na kořenových náběžích, také u všech větví na svrchní straně.

Tahové napětí se vyskytuje na kořenech stromů. Jak uvádí MATTHECK ET AL. (1997), stabilitu zajišťují hlavně krátké kónické silné kořeny v blízkosti kmene, které jsou namáhány na ohyb. Kořeny ve větší vzdálenosti jsou namáhány právě tahem.



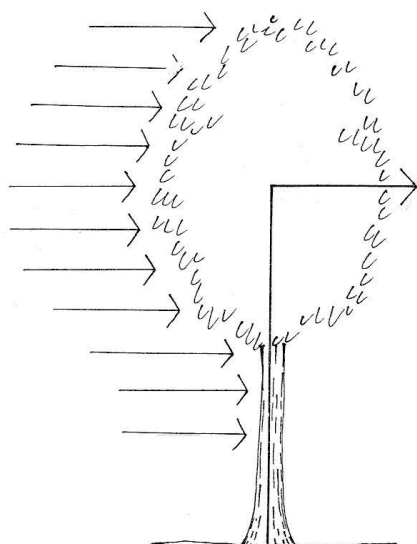
Na kmeni se tah vyskytuje také jako součást již zmiňovaného předpětí kmene. Vnitřní vrstvy jsou stlačovány, ale vrstvy vnější, povrchové, jsou namáhány tahovým napětím, jehož zdrojem je opět s největší pravděpodobností objemový a diferenciační růst buněk dřeva.

5.7.2.3 Smykové zatížení

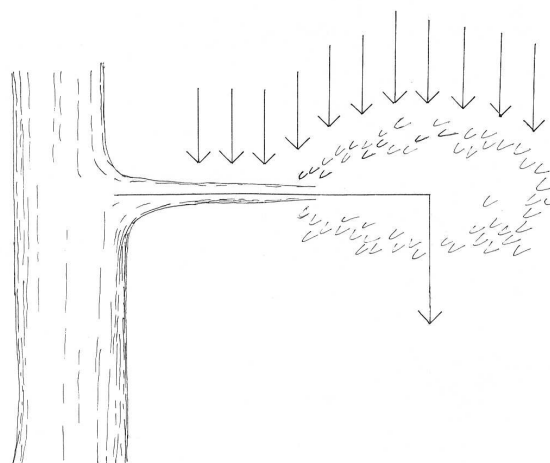
Smykové napětí, podobně jako tahové, vzniká hlavně jako složka ohybového namáhání. Vzniká také při krutu. Dřevo tento způsob namáhání hůře snáší vzhledem ke své anatomické stavbě. Proto je právě krut pro strom nejhorším způsobem namáhání.

5.7.2.4 Ohybové zatížení

Ohyb je asi nejdůležitější způsob namáhání stromu. Jedná se o kombinovaný způsob namáhání, protože vlivem jedné síly (resp. sil, působících v jednom směru), která působí kolmo (nebo pod určitým úhlem) k ose stromu, vznikají tři různá napětí – tahové a tlakové a také smykové. Hlavní silou, která působí ohybové namáhání stromu, je vítr. Koruna stromu zachycuje kinetickou energii proudícího vzduchu a vzniklá síla působí ohybové namáhání nosných prvků. Kromě větru vzniká ohybové napětí také vlivem náklonu kmene, excentricity koruny, větve jsou pod trvalým ohybovým zatížením vlastní hmotností.



Obr. 28: Ohybový moment, působící na stromě vlivem větru.



Obr. 29: Ohybový moment u větve.

Velikost zatížení je dána ohybovým momentem, moment je dán velikostí působící síly (síla větru, tíha kmene, koruny) a délkou ramene. Ramenem pak je vzdálenost těžiště (jako místa, kde předpokládáme, že působí výslednice sil) od místa uložení (výška těžiště od země, vzdálenost těžiště od větevního napojení). Ohybový moment způsobený náklonem je určen vzdáleností těžiště od svislé osy a hmotností nakloněné části stromu.

Vlivem ohybového namáhání tedy vzniká na kmeni tlakové, tahové a smykové napětí. Normálové složky (tahové a tlakové napětí) mají své maximum na povrchu kmene a směrem ke středu velikost vznikajících normálových napětí klesá. Ve středu kmene vzniká naopak maximum smykového napětí, které klesá směrem k obvodu kmene.

5.7.2.5 Zatížení krutem

Zatížení krutem vzniká nejčastěji vlivem excentrického tvaru koruny (tedy pokud těžiště koruny neleží nad osou kmene) a dále v případech šikmého růstu stromu – buď vlivem náklonu, a nebo vlivem pozitivního fototropního růstu. Jak uvádí KUČERA, SKATTEROVÁ (2000), excentrická koruna se vyskytuje u většiny stromů, a to z důvodu asymetrického osvětlení korun (na severní polokouli je jižní část koruny více osvětlena, a je tudíž rozvinutější a bohatší). Z hlediska provozní bezpečnosti je zatížení krutem nejnebezpečnější způsob namáhání. Pevnost dřeva v krutu je jedna z nejmenších mezi všemi. Možnost vzniku torzního namáhání je kritickým faktorem pro stabilitu stromu (WESSOLLY, ERB, 1998) a excentrická koruna nebo jiný defekt, vedoucí potenciálně ke vzniku torze, je považován za velmi závažný, zvláště ve spojení s některými defekty, např. otevřenou trhlinou.

Určitou adaptací na převažující torzní namáhání je podle KUČERY A SKATTEROVÉ (2000) spirálovitý růst vláken. Takový kmen lépe odolává torznímu namáhání, protože vznikající napětí se šíří podél vláken a stlačuje je k sobě (vlivem příčné deformace). KUČERA A SKATTEROVÁ dokazují, že převážný směr stočení vláken (LR – zleva doprava) souhlasí s namáháním větrem (na naší polokouli převážně západní směr větru a jižní část koruny větší, čímž vzniká kroutící moment, působící proti směru hodinových ručiček, tedy zleva doprava).

5.7.2.6 Zatížení vzpěrem

Zatížení vzpěrem je typický způsob zatížení pro sloupy, jimiž jsou i stromy. Vzniká působením tlakové síly v ose nosníku – stromu. Zdrojem síly je vlastní tíha stromu, případně hmotnost přídatných břemen jako je sníh, námraza a nebo voda.

WESSOLLY, ERB (1998) uvádějí, že vzhledem k poměru mezi namáháním větrem a namáháním vlastní hmotností je důležitost vzpěrného namáhání méně podstatná.

5.7.2.7 Růstové napětí

V předchozích kapitolách bylo probráno působení sil, které mají vnější zdroj – buď kinetickou energii větru, nebo hmotnost přídatné zátěže anebo gravitační zrychlení. Nyní je vhodný čas probrat fenomén, který významně ovlivňuje mechanické chování stromu. Je to růstové napětí.

Růstové napětí je vnitřní (zbytkové) napětí uvnitř kmene a vytváří se samovolně v rostoucím stromě v průběhu života. Mechanismus vzniku růstového napětí byl obšírně prozkoumán KÜBLEREM (1987). Všeobecně se soudí, že růstové napětí vznikají podélnou kontrakcí a příčnou expanzí buněk při objemovém a diferenciačním růstu (KÜBLER, 1987). Jelikož nově tvořené buňky vznikají nad vrstvami již vyzrálého dřeva, které má určitou pevnost a tuhost, dochází ke vzniku napětí v povrchových vrstvách kmene.

Popišme si princip vzniku. Nově vydělené buňky xylému se ve směru podélné osy zkracují. To způsobuje vznik tahového napětí v okrajových vrstvách dřeva. Buňky se zároveň v příčném směru rozšiřují, zvětšují svůj příčný průřez. Protože volné expanzi brání okolní buňky, dochází ke vzniku tangenciálního tlakového napětí. Růstem buněk dochází ke zvětšování průměru kmene, což má za následek vznik tahového radiálního napětí ve vnitřních vrstvách dřeva. Tímto působením dochází k poklesu tangenciálního tlaku uvnitř dřeva a ke vzrůstu radiální tenze. Spolupůsobením těchto napětí nakonec vzniká typický model distribuce růstového napětí ve kmeni – ve směru podélném je to tah v povrchových zónách kmene a tlak v centrálních částech, v radiálním směru převážně tah a v tangenciálním směru tlakové napětí na obvodu a tahové blízko dřeně.

Otázka je, proč vlastně toto zbytkové napětí ve kmeni existuje, jaká je jeho funkce. Zda je to jev náhodný, nebo jev, patřící mezi adaptační mechanismy stromu. Podle našeho názoru je růstové napětí možné vnímat jako jeden z adaptačních mechanismů pro zvýšení nosnosti konstrukce kmene. Jaký je efekt růstového napětí? Vzniklé tahové napětí posunuje rovnováhu sil na povrchu kmene ve prospěch tahového namáhání. Dřevo snáší lépe tahové namáhání, zvláště u dřeva s vysokou vlhkostí (která je v živém stromě vždy přítomná) je rozdíl mezi tahovou a tlakovou pevností a tuhostí výrazný. Dochází tedy k tomu, že při ohybu je zvyšována plocha pro přenos tlakového napětí, kde je pevnost menší. Tím dochází k vyrovnání rozdílu mezi nosností části kmene namáhané tlakem a tahem, protože nosnost určitého tělesa je dána pevností materiálu a plochou, která přenáší napětí.

Pokud by obě části kmene (tahová i tlaková) měly stejnou plochu, došlo by k porušení pravděpodobně dřívě, a to selháním na tlakové straně. Tím, že je zvětšena dostupná plocha pro přenos tlakového napětí, dochází k jejímu posílení. Tahová pevnost je vysoká, a tak je vyrovnána i menší velikostí dostupné plochy pro přenos napětí. Tímto principem je dosaženo větší konečné nosnosti kmene a jeho větší odolnosti vůči ohybovému namáhání.



5.8 Praktické hodnocení provozní bezpečnosti stromů vizuálními metodami

V praxi se pro hodnocení provozní bezpečnosti stromů využívá 5ti stupňová stupnice s následující definicí stupňů:

0 bez zjištěných symptomů narušení statických poměrů

Do tohoto stupně jsou zařazovány stromy, u nichž zcela evidentně nehrozí za standardního namáhání větrem žádný z typů selhání vč. selhání v důsledku špatných materiálových vlastností dřeva daného taxonu. Jmenovitě se jedná např. o mladé stromy ve stupni fyziologického stáří 1 a 2.

1 mírné narušení statických poměrů

V případě mírného narušení statických poměrů se jedná o standardní situaci dospělého jedince (fyziologické stáří 4), u něhož nebyly jmenovitě zjištěny žádné vyvinuté staticky relevantní defekty. Mohou být přítomné vyvíjející se defekty (např. tlakové vidlice), suché větve do průměru cca 5 cm, event. poškození bez symptomů aktivního houbového rozkladu.

2 významnější narušení stability stromu

Do tohoto stupně se zařazují jedinci s vyvinutým staticky významným defektem, u něhož je již třeba realizovat buď sanační zásah (např. instalace bezpečnostní vazby) nebo alespoň pravidelnou kontrolu nepřesahující interval 1x ročně. Jedná se o jedince, u nichž existuje předpoklad dalšího šíření defektu. Pro rozhodnutí o dalším postupu je často třeba doprovodný výpočet základní hodnoty stability metodou WLA.

3 riziko pádu kosterních větví, rozsáhlý defekt

V tomto stupni se jedná o defekt ve stavu počínajícího rozpadu (např. tlaková vidlice doprovázená trhlinou), event. o souběh několika staticky významných defektů (např. náklon stromu kombinovaný s dutinou). Často se jako jeden z defektů v tomto stupni objevují aktivní symptomy šíření dřevokazných hub (přítomnost plodnic, bakteriální výtok apod.). U jedinců zařazených do tohoto stupně je sanace možná (často se jedná o kombinovanou stabilizaci založením vazby a redukcí části koruny), ale v případě přítomnosti cílů pádu třídy A-D se často doporučuje odstranění jedince. Rozhodnutí je vždy motivované i dimenzí stromu a jeho základní hodnotou stability (nutná bližší analýza metodou WLA).

4 havarijní stav, rozpadající se koruna či kmen

Jedná se o stupeň, kdy je čistě na základě vizuálního šetření zřejmé, že stav stromu je nestabilizovatelný a že daný jedinec představuje vysoké riziko selhání. Řešením stavu je buď odstranění stromu, zamezení přístupu do dopadové vzdálenosti technickou zábranou (eliminace cíle pádu) nebo ve speciálních případech u jedinců fyziologického stáří 5 a 6 vytvoření torza metodou „přírodě blízkého řezu“ (technologie 6a či 6b).

Následný výčet nejvýznamnějších staticky relevantních defektů slouží jako vodítko pro hodnotitele pro zařazení stavu konkrétního jedince do výše uvedené stupnice. Doporučený je i rámcový postup pro návrh ošetření.



Tlakové vidlice

Rozsah	Zařazení do stupnice Stability	Možné řešení
Vyvíjející se tlaková vidlice, strom ve stádiu fyziologického stáří 1-3	0 - 1	Odstranění či potlačení výhonů s tlakovou vidlicí v rámci výchovného, event. zdravotního řezu
Vyvinutá tlaková vidlice u dospělého jedince (fyziologické stáří 4 či 5) v oblasti hlavního větvení. Dosud bez dalších stop plastifikace materiálu (trhliny), event. houbového rozkladu.	2	Instalace nedestruktivní bezpečnostní vazby (syntetická lana), event. doprovázená redukčním řezem. V případě, že se jedná o jedinou větev, možnost redukce části koruny bez zásadního ovlivnění habitu stromu.
Vyvinutá tlaková vidlice v souběhu s dalším staticky významným defektem (trhlina, houbový rozklad apod.). Reálné riziko rozpadu.	3	V případě malého cíle pádu a cenného stromu je možné uvažovat o instalaci víceúrovňové bezpečnostní vazby, nejlépe v kombinaci s vazbou statickou (vrtanou) ve spodní úrovni. Příp. kombinace s výraznější redukcí větve (pokud to je možné). V případě významnějšího cíle pádu je třeba uvažovat o odstranění jedince.
Tlaková vidlice ve stavu rozpadu.	4	Pokácení jedince, event. vyloučení přístupu do dopadové vzdálenosti. Ve výjimečných případech (velmi významný strom, malý cíl pádu) je možné uvažovat o radikální redukci metodou „přírodě blízké“ technologie.

Houbový rozklad

Rozklad dřeva v důsledku činnosti dřevních hub může být indikován :

- tvorbou plodnic
- přítomností rhizomorf, sirocia apod.
- přítomností výletových otvorů ptáků
- stopami po činnosti datlů
- přítomností dřevní drti v borce a kolem báze kmene apod.

Rozsah houbového rozkladu je značně obtížné detekovat pouze pomocí vizuálních metod v případě, že ve kmeni neexistuje otevřená dutina. Často je proto existence symptomů houbového rozkladu důvodem pro doporučení přístrojového testu statických poměrů – především v případě cenných (rozměrných) stromů v prostředí s vysokým cílem pádu.

Rozsah	Zařazení do stupnice Stability	Možné řešení
Přítomnost saprofytických druhů (např. <i>Trametes spp.</i>) nebo druhů s malým rizikem rozkladu dřeva (např. <i>Schizophyllum commune</i>).	1 - 2	Redukce zasažených částí, odstranění suchých větví. Další sledování.
Přítomnost běžných druhů dřevokazných hub v oblasti kmene a silných větví, event. symptomy houbového rozkladu v periferní oblasti kořenového systému (cca v oblasti obvodu průmětu koruny).	2 - 3	Redukce zasažených částí, přístrojový test statických poměrů.
Přítomnost agresivních druhů dřevokazných hub (<i>Ustilina deusta</i> , <i>Armillaria spp.</i>), symptomy rozkladu kořenového systému v oblasti kořenových náběhů nebo staticky významného kořenového talíře.	3 - 4	Přístrojový test statických poměrů, příp. pokácení jedince, event. vyloučení přístupu do dopadové vzdálenosti.



Rozklad činností dřevních hub může probíhat v několika typech hnilob s různým vlivem na mechanické vlastnosti dřeva. Efektivita obranné reakce napadeného stromu je dána několika faktory, z nichž nejdůležitější jsou:

- rozsah iniciálního poranění („vstupní brány“),
- schopnost kompartmentalizace daného taxonu (viz CODIT),
- úroveň fyziologické vitality daného jedince,
- strategie kolonizující houby.

Dutiny

Otevřené dutiny jsou vždy větší problém pro provozní bezpečnost stromu než dutiny uzavřené. Otevření profilu snižuje kapacitu pro přenos smykového napětí (např. při torzním namáhání) a při přenosu příčných napětí (při ohybovém namáhání). Vzniká také větší nebezpečí poškození bariérové zóny a reakčních zón působením člověka nebo biotických faktorů. Nicméně strom je schopen i otevřenou dutinu úspěšně stabilizovat vytvářením mohutných vrstev dřeva na okrajích dutiny (kalusový val). Představu o vlivu otevřené dutiny na statické poměry jedince lze získat v rámci výpočtu základní hodnoty stability metodou WLA.

Lokalizace také ovlivňuje vliv dutiny na provozní bezpečnost. Nejnebezpečnější jsou dutiny v úžlabí větví, kdy ztráta materiálu může postihnout i závitkovou zónu větevního nasazení. Snižuje se tak pevnost uložení větve. Totéž platí i pro hlavní větvení. Kritické jsou také dutiny na bázi kmene, kde je koncentrováno nejvíce sil - působí zde největší ohybový moment.

Z hlediska posouzení efektivity kompenzačního růstu jsou klíčovými faktory :

- dimenze kmene hodnoceného jedince v místě dutiny
- lokalizace dutiny
- patrná reakce předmětného stromu (vývoj kalusu)
- schopnost kompartmentalizace daného taxonu v kombinaci s jeho fyziologickou vitalitou
- doprovodné symptomy aktivity dřevokazných hub, event. doprovodných organismů (dřevokazný hmyz, obratlovci apod.)

Rozsah	Zařazení do stupnice Stability	Možné řešení
Otevřená dutina v oblasti větvení, event v některé ze silných větví	2 - 3	Redukce zasažených částí, instalace nedestruktivní bezpečnostní vazby
Otevřená dutina v oblasti kmene, příp. báze kmene	3 - 4	Výpočet základní hodnoty stability metodou WLA, přístrojový test statických poměrů, příp. pokácení jedince, event. vyloučení přístupu do dopadové vzdálenosti.

V případě kácení stromů s dutinami je vždy třeba preferovat metodu ponechání „torza“, příp. přikročení k radikální redukci koruny metodou „přírodě blízkých technologií“ z důvodu značné ekologické hodnoty prostředí dutin.

Trhliny

Při hodnocení trhlín je vhodné si všimnout následujících symptomů, které pomáhají při určení rozsahu tohoto defektu a jeho případného dalšího šíření

- vývoj kalusu podél trhliny
- pokud je trhlina uzavřena vytvořeným žebrem, úhel je ostrý a v jeho vrcholu je patrný kontakt dvou žebér s vrůstající kůrou bez patrného srůstu, jedná se o známku trvalého pohybu v rámci trhliny.



- zatímco vliv jednostranné trhliny na mechanickou nosnost kruhovitého profilu není zásadně významný, k signifikantnímu snížení nosnosti dochází při vytvoření průběžné trhliny celým profilem. Je proto nutné věnovat zásadní pozornost případům, kdy je trhlina patrná na obou stranách hodnoceného kmene či větve.
- souběh více defektů – především v souvislosti s tlakovými vidlicemi, event. infekcí kmene.

Rozsah	Zařazení do stupnice Stability	Možné řešení
Jednostranná trhlina ve kmeni či ve slabší větvi bez souběhu s dalším typem defektu.	1 - 2	Redukce zasažených částí (v případě větví), event. zajištění nedestruktivní bezpečnostní vazbou. Další sledování.
Trhlina v souběhu s dalším defektem (tlakové vidlice, houbový rozklad) na kmeni stromu či v kosterním větvení.	2 - 3	Redukce zasažených částí v souběhu s instalací bezpečnostní vazby; přístrojový test statických poměrů.
Průběžná trhlina či trhlina ve stěně dutiny. Horizontální trhlina ve kmeni. Podezření na trhlinu jako symptom plastifikace před konečným selháním profilu.	3 - 4	Přístrojový test statických poměrů, příp. pokácení jedince, event. vyloučení přístupu do dopadové vzdálenosti.

Sekundární koruna

Jako „sekundární korunu“ označujeme stav, kdy po zásadním rušivém vlivu nebo jako následek prováděného tvarovacího řezu dojde k novému vytvoření větší části koruny výhony ze spících či adventivních pupenů. Lze očekávat hned několik defektů, přičemž část z nich je značně obtížné samostatně zjistit pouhým vizuálním šetřením.

Řešením stavu může být návrat k tvarovacímu řezu (v případě, že výhony jsou přerostlé jen cca o 10-15 let), příp. jen redukce ohrožené části koruny v souběhu s instalací bezpečnostní vazby. U stromů s dobrou výmladností a odpovídající fyziologickou vitalitou je možné tyto redukce provést bez zásadních problémů. Podmínkou je postupné sesazování v několika etapách a kvalitní provedení vlastních prací. Nelze přitom pominout práci s veřejností, protože podobné rozsáhlejší redukce mohou vzbuzovat značně negativní reakci.

Rozsah	Zařazení do stupnice Stability	Možné řešení
Jednotlivé vyvinuté sekundární výhony v jinak primární koruně. Sekundární koruna v raném stádiu, kdy již lze hovořit o „přerostlých“ výhonech (cca 5-15 let po posledním tvarování).	1 - 2	Redukce jednotlivých sekundárních výhonů. Návrat k přerušenému tvarovacímu řezu s ponecháním „čípků“ nad původní úroveň tvarování.
Přerostlé sekundární koruny ve stádiu reálného rizika jejich rozpadu.	2 - 3	Postupná obvodová redukce v kombinaci s instalací nedestruktivních bezpečnostních vazeb jistících především obvod koruny.
Výrazně přerostlé sekundární koruny se symptomy houbového rozkladu, event. rozpadu v oblasti kosterního větvení.	3 - 4	Pokácení jedince, event. vyloučení přístupu do dopadové vzdálenosti. Je možné realizovat i radikální redukci „přírodě blízkými“ technologiemi – pouze v případě mohutného, ekologicky hodnotného jedince mimo oblast intenzivně využívané návštěvníky.



6. Nápravná opatření

Účelem nápravných akcí je ošetřit rizikové stromy tak, aby se odstranilo – příp. na únosnou míru snížilo – riziko, které představují. I když je podle definice provedení nápravných opatření spojeno s nalezením a definicí staticky významných problémů, mělo by být i součástí prevence – pravidelné péče. Pouze tak je možné počítat s tím, že rizikové situace nebudou stále znovu vznikat a vracet se. V této souvislosti se jedná především o technologicky správně realizovaný řez v časových úsecích, odpovídajícího typu zapěstování koruny a lokalizaci stromu.

Dalším důležitým bodem je zhodnocení situace na stanovišti. Pokud existuje plán či předpoklad, že bude okolí stromu v budoucnu využíváno intenzivněji než je tomu nyní, budou stávající cíle pádu ohroženy mnohem více. Riziko plynoucí z existence stromů na stanovišti, by se tedy zvýšilo, aniž by tato skutečnost měla přímou vazbu na změnu stavu stromů. V takovém případě musí nápravná opatření zabírat mnohem větší šíři problémů než při uvážení pouze stávající frekvence užití plochy.

Značnou důležitost má kvalifikované rozhodnutí o nápravných opatřeních v případě plánované realizace stavební činnosti v okolí stromů. Jedná se např. o rekonstrukce chodníků, silnic a inženýrských sítí v uličních stromořadích měst. V takových případech není pravidelně možné dodržet ani základní parametry předepsané ČSN DIN 18 920, protože disponibilní prostor pro růst stromů je nedostatečný a rekonstruované stavby (chodník, vozovka, podzemní vedení inženýrské sítě) jsou umístěny ve velmi malé vzdálenosti od báze kmene. Při rozhodnutí o ponechání stromů a realizaci stavby s jejich ochranou tak dochází k rozsáhlému poškození kořenového systému, často dokonce i v oblasti minimálního staticky významného kořenového talíře (WESSOLLY, ERB, 1998). To zásadním způsobem zvyšuje riziko pádu stromů v budoucnu, aniž by tento stav byl detekovatelný jinak než s využitím nákladných přístrojových metod. Takovýto přístup je z hlediska koncepčního snižování rizika, plynoucího z existence stromů, neakceptovatelný. I když variantní řešení jsou komplikovaná a často špatně prosaditelná, úvahy by měly směřovat spíše směrem současné rekonstrukce stromořadí s odpovídající úpravou stanovištních poměrů a výsadbou nových stromů. Konkrétní řešení je ovšem nutné vždy vztahovat k daným podmínkám, rozsahu prací a typu stromů, kterých se týká.

V případě jakýchkoli nápravných opatření je nutné respektovat základní požadavek - aby práce prováděla odborná firma či organizace s využitím vyškoleného týmu pracovníků. To se týká i na první pohled jednoduchých operací jako je např. kácení stromů. Vzhledem ke skutečnosti, že se práce odehrávají často na stromech s rozsáhlými defekty a na stanovištích, kde při jejich selhání může dojít ke vzniku škod, má zásadní důležitost vedle proškolení pracovníků, jejich kvalifikace a zkušeností i respektování všech předpisů a směrnic o realizaci dané činnosti a zajištění odpovídajícího pojištění. Nekvalitně či neodborně provedená nápravná opatření mohou nejen poškodit vlastní strom (a naopak tak zvýšit riziko jeho pádu), ale mohou poškodit i stromy okolní a způsobit tak vznik rizikové situace, která před zásahem neexistovala.

V případě, že je jako nápravné opatření realizováno kácení stromů, je nutné obstarat ve většině případů povolení pro pokácení stromu podle zákona č. 114/1992 Sb. a prováděcí vyhlášky č. 395/1992 Sb. To se týká všech stromů nad obvod kmene 80 cm ve výšce 1,3 m, rostoucích na pozemku ve vlastnictví fyzických osob, a všech stromů bez omezení velikosti, rostoucích na pozemcích ve vlastnictví osob právnických. Povolení musí být vystaveno pověřeným orgánem samosprávy a v době realizace kácení již musí vstoupit v platnost. Kontrola tohoto dokumentu je nutná ze strany realizátora kácení, protože event. postih by byl směřován právě na něj – nikoli na zadavatele prací.

Základní otázkou pro návrh nápravných opatření je, zda jejich neprovedení skutečně ponechá neakceptovatelně vysoké riziko pro cíle pádu, vyskytující se v okolí konkrétního stromu. Z již popsaných situací je zřejmé, že nelze počítat s naprostou eliminací všech rizik, plynoucích z existence stromů. Dříve popsaný koncept hodnocení provozní bezpečnosti stromů by měl napomoci pro stanovení priorit a pro koncentraci na řešení těch problémů, které jsou z hlediska celkové situace nejdůležitější. V této situaci je nutné zvážení „soudného přístupu vlastníka“ – tedy na jednu stranu realizace takových zásahů, které jsou v rámci finanční dostupnosti pro vlastníka pozemku, ovšem na druhé straně ošetření všech stromů, které na základě zjištěného stavu představují pro své okolí neakceptovatelně vysoké riziko. Jak již bylo několikrát uvedeno, základním předpokladem pro definici tohoto přístupu je získání přehledu o stavu stromů a využívání (stávajícího i budoucího) předmětné plochy.



Dalším důležitým předpokladem je zvážení vnějších podmínek, které mohou vést ke vzniku rizikových situací. Každý strom při určité zátěži selže (obdobně jako jakákoli stavba či kterýkoli technický prvek). Žádný typ ošetření nemůže s naprostou jistotou garantovat, že k selhání stromu nedojde v případě, že nastanou podmínky, které přesahují očekávaný standard. Zvážení externích faktorů, které mohou vést k selhání stromu na daném stanovišti, proto má zásadní vliv na stanovení míry rizika. Jedná se především o směr a rychlost větru, event. o riziko vzniku námraz, výšky běžné sněhové pokrývky apod.

Ze strategického pohledu existuje pět základních způsobů, jak řešit rizikové situace, týkající se stromů, pomocí nápravných opatření (POKORNY, 2003):

- 1) přesun cíle pádu,
- 2) stabilizační zásah na stromě
 - a. řez,
 - b. instalace bezpečnostní vazby,
- 3) změna stromu v ekologicky významné torzo,
- 4) omezení přístupu osob do ohroženého prostoru,
- 5) pokácení stromu.

Vzhledem ke skutečnosti, že poslední varianta – pokácení stromu – je nevratná a finální, měly by úvahy o typu nápravných opatření vždy alespoň rámcově respektovat naznačený postup.

6.1.1 Přesun cíle pádu

Jak již bylo uvedeno výše v textu, jako defektní strom chápeme strom se strukturálním defektem, který má ve své dopadové vzdálenosti některý z cílů pádu (*target*). Pokud dojde k odstranění cíle, strom je sice stále ohrožen možností selhání, ovšem škoda, kterou svým pádem může způsobit, je zásadně odlišná. V některých případech tak můžeme dojít na úroveň akceptovatelného rizika pro danou plochu.

Typickým příkladem pro tento typ řešení je odstranění laviček, informačních tabulí či hracích prvků z blízkosti stromů s patrnými defekty. Toto řešení může být nejen ekologicky šetrnější, ale i levnější než pokus o stabilizaci defektu či pokácení stromu. Podobného efektu je možné dosáhnout přeložením pěších cest, parkovišť apod.

Protože je obtížné stanovit směr event. pádu stromu či odlomení jeho části při silném větru, za ohroženou oblast se považuje kruh o poloměru, rovnajícímu se 1,5násobku výšky daného stromu (POKORNY, 2003).

Tento typ přístupu může být zvolen i jako dočasné řešení v případě, že byl sice zjištěn defektní stav stromu, ovšem k realizaci stabilizačního zásahu chybí čas či finanční prostředky. Tento přístup odpovídá principu dané nápravné akce – řeší dočasně eliminaci zvýšeného rizika, ovšem vlastní nebezpečný stav stromu jím není ovlivněn.

Zcela zásadní význam má tento přístup v případě, že dochází ke změně typu využívání lokality, např. pokud jsou v blízkosti stávajících stromů nově umísťovány např. herní prvky, lavičky, event. budované přístupové cesty. V takovém případě může spolupráce arboristy s architektem a se stavební firmou ušetřit značné finanční prostředky prostou volbou umístění těchto prvků s ohledem na stav a předpokládaný vývoj stavu stromů v dané lokalitě.

6.1.2 Stabilizační zásah

V případě některých defektů je možným a finančně odpovídajícím řešením přistoupit k nápravě zjištěného defektu buď pomocí řezu, nebo instalací bezpečnostní vazby. V následujícím textu se zaměříme spíše na problematiku návrhu těchto zásahů.



6.1.3 Řez stromů

V případě volby řezu jako nápravného ošetření se může jednat buď o úplné odstranění defektní části koruny, o její odlehčení, příp. o snížení celkové zátěže, která na strom působí. Tímto typem zásahu je možné řešit následující defekty:

- **trhliny, infikované větve:** v případě trhlín či probíhající infekce, zjištěné na silných či kosterních větvích, může být odpovídajícím postupem buď odstranění celé poškozené větve (pokud takto vznikající poranění není příliš rozsáhlé), event. její zakrácení a odlehčení. V případě použití metody WLA může být obvodový řez koruny využit i ke stabilizaci stromu s centrální dutinou či jiným principiálním defektem.
- **odumřelé části koruny:** odstranění všech odumřelých částí koruny, větví zlomených či visících v koruně je součástí veškerých základních technologií řezu. Výjimečným přístupem může být ponechávání silných, leč stabilních suchých větví u některých taxonů (*Quercus* spp.) z důvodu jejich ekologického významu v daném prostředí.
- **tlakové vidlice:** pravidelně realizovaný výchovný a zdravotní řez je jediným způsobem, jak eliminovat vznik tlakových vidlic ve větvení kosterních a silných větví. V případě, že se tlakové vidlice ve větvení již nacházejí, je možné u mladších stromů namísto odstranění zasažené větve provést pouze její zakrácení a potlačení.
- **habituální defekty:** v případě nevhodné architektury koruny může být řez odpovídajícím způsobem k postupnému řešení problému. Především se jedná o symetrizaci koruny, zakracování větví, vyčnívajících z habitu koruny, snižování torzního zatížení koruny či její části. S využitím výpočtů metody WLA lze v některých případech řešit i redukci celé koruny za účelem stabilizace stromu jako celku.
- **sekundární koruny:** problematiku přerostlých sekundárních korun je možné řešit postupným sesazováním výhonů. Zásah je nutné vždy rozložit do více let realizace z důvodu možného fyziologického narušení ošetřovaného stromu.
- **obstrukce v dopravě:** řezem je třeba průběžně odstraňovat všechny větve, které zasahují do průjezdného či podchodného profilu komunikací. Stejně tak je nutné odstraňovat větve, snižující viditelnost dopravního značení a semaforů, event. zhoršující rozhled na křižovatkách.
- **zásahy do nadzemních vedení:** pravidelný řez (spolu s kvalitním výběrem taxonu pro konkrétní podmínky) je jediným způsobem, jak řešit společnou existenci stromů a nadzemních vedení vybraných inženýrských sítí a rozvodů (el. energie, telefonní vedení, trolejbusové a tramvajové rozvody apod.).

Většina popsaných zásahů zahrnuje realizaci některého z typů redukčního řezu. V této souvislosti je nutné brát ohled na zachování fyziologické rovnováhy mezi hmotou kořenů a asimilačním aparátu. Silnější redukce je nutné realizovat postupně v průběhu několika let.

V případě odstraňování suchých větví a částí koruny by měl být jasný i důvod, proč k danému stavu došlo. Odumření částí koruny může být způsobeno i napadením patogenními organizmy, z nichž některé mohou být zařazeny i mezi karanténní choroby (např. *Erwinia amylovora*). Zjištění jejich výskytu by tedy mělo zásadní vliv na přehodnocení celého typu zásahu. Přítomnost odumřelých částí koruny může také indikovat narušení kořenového systému. V takovém případě by řez koruny neřešil skutečný problém, se kterým se strom potýká.

V případě stabilizačních řezů se obecně uvažuje o dvou typech přístupů. Starším konceptem je prosvětlení koruny. Podkladem pro tento typ řezu je představa, že jím dochází ke zvyšování prostupnosti koruny pro vanutí větru a tím i ke snižování celkové vznikající zátěže. Ovšem při uvážení přirozeného snižování aerodynamického odporu (koeficientu C_w) při věrném proudění změnou formy koruny docházíme k výslednému tvrzení, že řezem tento parametr nejsme schopni zásadně ovlivnit bez radikálních zásahů (WESSOLLY, ERB, 1998). Navíc při prosvětlení může lokálně dojít ke zvýšení těžiště některých částí koruny, což v konečném důsledku vede k faktickému zvýšení vznikajícího ohybového momentu. V současné době je tedy doporučovaným obecným přístupem k realizaci stabilizačních řezů obvodová redukce koruny. Ani tento přístup nelze považovat za optimální – tedy za dokonale funkční. I když skutečně řeší nejlépe stabilizační funkci (dochází jednak ke snížení těžiště,



jednak k redukci náporové plochy v té části koruny, která je nejefektivnější v příjmu energie z proudícího větru), problémy tohoto řezu mohou být v oblasti jeho vlivu na fyziologické funkce ošetřovaného stromu. Dochází jím k odstranění části asimilačního aparátu, který je v procesu fotosyntézy nejfunkčnější. Navíc jsou vystavovány přímému slunečnímu svitu i listy, které byly vytvořeny jako „stinné“. Může tak dojít k jejich popálení a nekrotizaci. I když jsou stabilizační obvodové řezy koncipovány jako relativně jemné zásahy v oblasti slabých větví na obvodu koruny, je nutné počítat s opětovnou regenerací a vývojem sekundárních výhonů na zasažených částech. Pravdou ovšem zůstává, že tento typ řezu napodobuje přirozené mechanismy, kterými strom ve vyšším věku (stadium senescence) sám redukuje rozměry své koruny.

Zásadní chybou při realizaci stabilizačních řezů je vyvětňování koruny či jejích částí. Tímto zásahem dochází ke zvyšování těžiště koruny a náporová plocha je zmenšována v oblasti, která je velice málo funkční při přijímání větrné zátěže (oblast pod těžištěm koruny). Navíc pravidelně dochází ke vzniku značných poranění v důsledku odstraňování silných větví. I když je tento typ zásahu technologicky nejsnáze proveditelný, z hlediska provozní bezpečnosti stromů je chápán jako chyba a v žádném případě jej není možné považovat za přístup, vedoucí ke stabilizaci stromu. Ke zvyšování koruny za účelem dosažení dostatečného podchodného či podjezdného profilu musí docházet výhradně v průběhu výchovného řezu a v ranných stádiích řezu zdravotního při zakládání kosterního větvení koruny.

6.1.4 Instalace bezpečnostní vazby

V případě stabilizace korun stromů založením bezpečnostní vazby se vždy jedná o zásah, který neřeší vlastní problém, ale pouze se snaží eliminovat jeho následky. Při zohlednění skutečnosti, že se jedná vždy o zásah technologicky náročný s nutnou intenzivní následnou péčí a kontrolou, je nutné instalaci bezpečnostních vazeb vždy pečlivě zvážit. I když s využíváním moderních systémů (Cobra, Arco apod.) značně klesla náročnost instalace, stále se jedná o zásah, který může realizovat pouze dobře proškolený tým odborné firmy.

Při instalaci bezpečnostní vazby leží nadále zodpovědnost za stabilitu předmětného stromu na arboristovi, který stabilizaci provedl (příp. na organizaci, která práce vykonala). Profesionální rozhodnutí o typu, počtu a umístění vazeb tedy má zásadní roli a je vždy zodpovědností realizátora.

Při správné realizaci může bezpečnostní vazba výrazným způsobem snížit riziko odlomení části koruny a zřetelně prodloužit horizont dožití stromu. Naopak použití nesprávného typu vazby či její nevhodné umístění může vést k odlomení části koruny nad vazbou (viz karate-efekt), event. k selhání vlastní vazby při větrné zátěži.

Defekty, pro které může instalace bezpečnostní vazby představovat konstruktivní řešení, jsou následující:

- **trhliny, infikované větve:** pokud jsou takovéto větve příliš velké na to, aby bylo možné provést jejich odstranění, je možné přistoupit k jejich stabilizaci vazbou. Vazbu je možné použít i jako součást ošetření – tedy spojit ji s odlehčením stabilizované části koruny. V daném případě nelze používat vazby destruktivní (vrtané), protože uvnitř kmene je nutné počítat s aktivním postupem infekce.
- **tlakové vidlice:** v případě vyvinutých tlakových vidlic je často vazba odpovídajícím způsobem stabilizace stromů, rostoucích v blízkosti některého z cílů pádu. V případě souběhu tohoto defektu s trhlínami, event. patrnou infekcí, je nutné dobře zvážit typ doporučené vazby a způsob její instalace.
- **sekundární koruny:** jako doprovodný zásah při postupné redukci přerostlých sekundárních korun je možné přistoupit i k instalaci bezpečnostní vazby. Hlavní metodou řešení tohoto defektu ovšem zůstává výhradně postupná obvodová redukce výhonů.



6.1.5 Změna stromu v torzo

I když tento přístup na první pohled vypadá značně drasticky, jedná se o přístup, který se stále více uplatňuje především v prostředí parků a městských lesů. Důvodem je skutečnost, že staré stromy a jejich zbytky s vysokým podílem rozloženého dřeva představují v mnoha ohledech unikátní prostředí pro život celé řady organismů, které z prostředí obývaného člověkem velmi rychle mizí. Tento pohled na stromy byl blíže popsán v prvním díle publikace v kapitole 6. Pokud tedy uvažujeme o redukci rizika, plynoucího z existence vzrostlých stromů s extenzivním rozkladem kmene a přítomností dalších defektů, logickým postupem může být radikální redukce koruny stromu a jeho přeměna na torzo, přičemž výslednou hodnotu již nemá jako „strom“, ale spíše jako jistá forma habitatu.

Při realizaci tohoto typu zásahu je nutné využívat metody řezu zásadně odlišné od standardních technologií. Vždy je nutné současně řešit nejen význam, který strom bude následně plnit, ale i efekt, který bude mít existence torza v daném místě na celkovou koncepci lokality. Každopádně se jedná o přístup, který řeší minimalizaci rizika a neznamená úplnou ztrátu stromu.

Časté námitky proti tomuto typu ošetření spočívají v mylné představě, že přítomnost infikovaných zbytků dřeva v lokalitě představuje zvýšené riziko následné infekce okolních zdravých jedinců. Ohniskovité šíření bylo zjištěno pouze u několika druhů dřevokazných hub (*Armillaria* spp., *Heterobasidion annosum*), které jsou v lesním hospodářství považovány za „primární parazity“ (ČERNÝ, 1989). Celá škála zbylých dřevokazných hub, schopných infikovat kmen či kořenový systém stromu, je závislá na šíření pomocí spor, a tedy na výskyt rozsáhlých poranění či fyziologického oslabení hostitelského stromu. Spory dřevokazných hub jsou velice malé útvary a jsou větrem přenášeny na značné vzdálenosti. Pravděpodobnost kolonizace vzniklého poranění není proto nijak zásadně ovlivněna faktem, zda se sporující plodnice nachází ve vzdálenosti několika metrů či několika kilometrů.

Vytvořená torza mohou být následně cenná nejen z pohledu ekologického, ale i z pohledu environmentálního vzdělávání a vědeckého studia. Mnoho druhů obratlovců i bezobratlých se tímto způsobem přesouvá z nedostupných oblastí lesů a chráněných území na dosah lidí.

Při sledování dynamiky ekologické hodnoty stromu z pohledu vytváření torz z rizikových jedinců můžeme sledovat tři fáze vývoje:

- Fáze 1** – stojící odumřelý či odumírající strom. V tomto stadiu bez rozsáhlé existence dutin a rozloženého dřeva torzo přitahuje druhy ptáků, hnízdící mimo dutiny, a ptáky živící se podkorním hmyzem (datly, strakapoudy apod.). Strom představuje místo pro shromažďování pěvců, substrát pro vývoj hniloby dřevokaznými houbami a pro rozvoj larevních stadií dřevokazného a podkorního hmyzu.
- Fáze 2** – infikovaný strom. Ve druhé fázi strom stále ještě stojí, ovšem značná část dřeva větví a kmene již není intaktní, ale je narušena procesem hniloby. Borka a obvodové partie koruny postupně opadávají a odlamují se. V tomto stadiu se prudce zvyšuje ekologická hodnota stromu, vznikající dutiny začínají být atraktivní pro celou řadu obratlovců (veverky, kuny, netopýři, ptáci, hnízdící v dutinách, apod.) a pro širokou škálu hmyzu, obývajícího rozložené dřevo.
- Fáze 3** – padlý kmen. V okamžiku, kdy jsou báze kmene či kořenový systém rozloženy natolik, že nejsou schopné strom udržet ve vzpřímeném stavu, dochází k jeho pádu. Postupný rozklad a zvýšená vlhkost dřeva pocházející z kontaktu s půdou opět mění druhové složení hmyzu a obratlovců, kteří toto prostředí obývají. Látky uvolněné do půdy při rozkladu dřeva přirozeně obohacují půdu a připravují ji pro růst nové generace stromů.

I když je třeba počítat s tím, že vytváření torz není v současné době běžnou arboristickou praxí a že tlak veřejnosti může být často obrácený proti realizaci podobných zásahů, je třeba postupně zájem o ekologické souvislosti dostávat i do popředí pozornosti. Řešení rizikových situací u stromů vytvářením torz, je proto třeba chápat sice jako výjimečný typ přístupu, ovšem na druhé straně jako přístup důležitý z hlediska zachování druhové rozmanitosti a ekologické stability antropogenně pozměněného prostředí.



Při rozhodovací fázi procesu o vytvoření torz hraje zásadní roli:

- lokalizace stromu,
- dimenze stromu (výška, průměr kmene),
- stávající stádium rozkladu,
- dokumentovaný výskyt vzácných druhů hmyzu či obratlovců.

6.1.6 Omezení přístupu

V případě, že zjištěný defekt na stromě je takového rozsahu, že jej nelze spolehlivě stabilizovat (příp. je stabilizace mimo finanční možnosti vlastníka), je možné uvažovat o omezení přístupu do oblasti, ohrožené pádem stromu či odlomením jeho části. Ohrožená oblast může být podle povahy defektu definována jako oblast průmětu koruny, event. jako dopadová oblast (1,5násobek výšky stromu).

V některých případech se jedná o opatření, které je chápáno jako dočasné. Např. po silných větrech, kdy byla část stromů v předmětné oblasti (park, městský les apod.) staticky narušena a je nutný určitý časový rámec pro provedení průzkumu a sanace škod.

U řady stromů je ovšem vhodné uvažovat o jejich zachování i za cenu dlouhodobě limitovaného přístupu do jejich okolí. Příkladem mohou být mohutné stromy v zámeckých parcích, které svými rozměry lákají návštěvníky. Negativní stránkou tohoto zájmu je často extrémní zhutnění půdy v oblasti kořenových náběhů a postupné odumírání stromu, akumulace odpadků v otevřených dutinách, příp. zapalování ohňů v oblastech centrálních dutin. Zamezení vstupu k těmto stromům vhodným typem zábrany může nejen redukovat riziko, které tyto často poškozené stromy pro návštěvníky představují, ale mohou zásadním způsobem prodloužit i jejich životnost.



Obr. 30: Nenásilný způsob zamezení přístupu do průmětu koruny poškozeného stromu s využitím mulčování.

Jako zábrany vstupu v takovýchto situacích přitom není nutné používat pouze technické prostředky (ploty, zídky apod.), ale i výsadbu keřů (trnitých), event. aplikaci mulče. Poměrně zajímavě působí i snížení intenzity sečení v oblasti průmětu koruny některých stromů. Vysoká tráva přirozeně odrazuje návštěvníky plochy od vstupu na takto vymezené plochy, přičemž jako benefit je možné chápat i částečnou úsporu finančních prostředků pro realizaci sečí.

V případě kombinace výše popsané podpory ekologické hodnoty stromů na vybraných plochách je možné rizikovou vzdálenost vymežit i nahromaděním větví určených k postupnému rozkladu. Jedná se samozřejmě o přístup, který není možné používat plošně, ovšem na vybraných plochách působí velmi přirozeně a zajímavě.

6.1.7 Kácení stromu

Pokácením rizikového stromu je zdroj ohrožení provozní bezpečnosti trvale odstraněn. Na druhou stranu se jedná o nevratný proces, který z prostředí odstraní jedince z jiných pohledů mnohdy cenného, často s obtížnou možností jeho náhrady. Proto je třeba před volbou tohoto kroku zvážit možnost realizace všech výše uvedených nápravných akcí a přistoupit k němu výhradně v případě, kdy stabilizaci zjištěných defektů nelze docílit jinými prostředky.

Odstranění konkrétního stromu může ovlivnit estetickou hodnotu lokality, často je velice negativně vnímáno místními obyvateli, kteří mohou mít právě na daný strom emocionální vazbu. Při nutnosti volby mezi stabilizací stromu či jeho odstraněním může být dobrým vodítkem vyčíslení jeho hodnoty. I při kalkulacích s touto hodnotou je třeba mít na paměti fakt, že okamžitá náhrada pokáceného stromu většinou není možná při vynaložení jakékoli finanční částky, protože efekt nově vysazených jedinců se projeví teprve po několika desítkách (či stovkách) let. Pokud se kácení týká velkých stromů, měla by mu vždy předcházet informační akce pro veřejnost, kde budou vysvětleny důvody pro kácení a naplánována sanační opatření.

Je nutné zvážit i efekt, jaký bude mít odstranění stromu na stromy stojící v okolí. Je možné, že dojde ke změně větrného proudění či k expozici jiných jedinců v rámci skupiny, kteří na tento fakt nejsou připraveni. Odstranění stromů může vést i ke změně vláhových poměrů na stanovišti a ke zvýšení hladiny spodní vody.

Následně jsou uvedeny příklady defektů, při kterých je možné volbu odstranění předmětného stromu považovat za adekvátní:

- **dutiny v bázi kmene:** rozsáhlé dutiny se zbytkovou stěnou, tvořící méně než 1/10 poloměru kmene, jsou považovány za extrémně nestabilní s možností materiálového selhání i pod vlivem osového zatížení vlastní hmotností. Kromě výrazných redukcí korun neexistuje nápravné ošetření pro stromy, které postrádají základní nutnou bázi pro zajištění stability.
- **nakloněné stromy:** stromy vykazující známky dynamického vyvrácení, musí být bezprostředně odstraněny. V případě jednoznačných symptomů počínajícího vyvrácení se jedná o havarijní situaci, kterou je nutné řešit max. V horizontu několika dnů.
- **odumřelé stromy:** mrtvé stromy představují za běžných podmínek vysoké riziko z hlediska možnosti selhání kterékoli části jejich koruny. Pokud není možné či vhodné přistoupit k uzavření přístupu do jejich blízkosti, je odstranění podobných jedinců považováno za prioritu. Obdobná situace nastává u jedinců s výrazně zhoršenou vitalitou, u nichž již nelze předpokládat pozitivní reakci na realizaci stabilizačního zásahu.
- **rozsáhlé poškození kořenového systému:** u stromů, u nichž došlo k masivnímu zásahu do kořenového systému (např. při stavební činnosti) ve vzdálenosti od báze kmene, která je menší než průměr jejich kmene, je třeba očekávat jejich selhání (WESSOLLY, ERB, 1998). Alternativou k jejich pokácení je pouze realizace přístrojového testu stavu kořenového systému a prokázání jejich stability po zásahu. Obdobný typ poškození může být indikován výskytem plodnic dřevokazných hub (*Ustulina deusta*, *Meripilus giganteus*, *Coprinus* spp.), event. dalšími symptomy růstu dřevokazných hub (např. přítomností brhizomorf *Armillaria* spp.).

7. Vizualní metodiky hodnocení stavu stromů

Jak vyplývá z dříve uvedeného popisu hlavních defektů, je často značně komplikované stanovit jejich rozsah a vliv na stabilitu stromu pomocí pouhého popisu. Aby bylo možné aplikovat informaci o přítomnosti, rozsahu a lokalizaci defektu na hodnocení provozní bezpečnosti předmětného stromu, je navíc nutné kvantifikovat riziko, které strom s defektem představuje pro své okolí. Pro účely hodnocení stavu a podrobnější diagnostiky provozní bezpečnosti stromů proto bylo vyvinuto několik metodik, jak vizualních, tak i přístrojových. Řada z nich je v současné době používána i v České republice.

V rámci jednoduchých inventarizací v rámci relativně homogenních ploch stačí evidence zjištěných defektů zdravotního stavu (event. pouze těch defektů, které jsou relevantní z pohledu stability stromu) ke získání přehledu o tom, v jakém stavu jsou hodnocené stromy i z hlediska provozní bezpečnosti. Protože se ale jedná velmi často o stromy hodnotné, příp. rostoucí na značně frekventovaných místech, byla pro možnost exaktnějšího hodnocení parametru provozní bezpečnosti vyvinuta řada metod s různým metodickým přístupem. Část metod je založena na bázi čistě vizualního posuzování, část přesahuje do oblasti využívání přístrojů. V následujícím textu budou popsány hlavní přístupy v současné době nejpoužívanějších metod.



V principu se jedná o komplexní přístupy k hodnocení stavu stromů, které se pokoušejí pomocí matematických či empirických modelů odhadnout rozsah skrytých defektů, event. odhadnout chování stromu při určitém typu namáhání.

7.1 VTA (Visual Tree Assessment)

Metoda VTA (*Visual Tree Assessment*) vychází z prací prof. Clause MATTHECKA (1991). Metoda poskytuje velmi zevrubný vhled do interních strukturálních problémů nosných částí živých stromů, navenek patrných formou změny jejich designu. Populárně je tento přístup nazýván jako „řeč těla“ (*body language*) stromů. Je založena na aplikaci teorií biomechaniky a na empirických zkušenostech se stromy jako konstrukcemi, které se samy optimalizují.

Metoda je založena na třech základních principech:

- 1 Základním tvrzením je teorie konstantního napětí, podrobněji popsána výše v textu. Strom je systém, který reaguje na mechanické a fyziologické stresy zvýšením růstové aktivity tak, aby došlo k posílení oblastí se zvýšeným napětím, zatímco oblasti s nižším namáháním přirůstají méně.
- 2 Stromy na tento typ zátěže odpovídají reakčním (adaptivním) růstem.
- 3 Kvalitativní materiálové vlastnosti dřeva se mění pod vlivem působícího napětí tak, aby byl zajištěn uniformní stres, tedy stejnoměrné napětí ve všech nosných částech těla stromu.

Vlastní praktické použití metody VTA sestává ze dvou kroků:

1. Vizualní kontrola vitality stromu a symptomů jeho biomechanického poškození:
 - a. hodnocení symptomů, označovaných jako „řeč těla“ stromů,
 - b. sledování dynamiky a průběhu reakčního růstu,
 - c. hodnocení stavu a vývoje krycích pletiv kmene,
 - d. rozbor architektury koruny a stavu olistění,
 - e. vyhledání přítomnosti symptomů růstu dřevokazných hub,
 - f. zhodnocení vlivu stanoviště na růst stromu,
2. stanovení bezpečnosti stromu na základě typu příp. dutiny, velikosti zbytkové stěny a vlastností dřeva pomocí přístrojových metod.

Pro první krok hodnocení jsou k dispozici popisy hlavních typů symptomů v řadě publikací (MATTHECK, 1991, MATTHECK, BETHGE, 1995, MATTHECK, BETHGE, 1998).

Vybavením pro druhý krok této metody jsou přístroje pro odběr dřevních vzorků a zhodnocení jejich mechanických vlastností. Pro odběr vzorku dřeva se používá Presslerův nebozez. Stanovení vlastností dřevěného válečku se provádí pomocí fraktometrů různých typů. Pro získání dílčích výsledků lze použít i méně destruktivní přístrojové metody, založené na sledování šíření zvukových vln, příp. penetrometry.

7.2 WLA (Wind Load Analysis)

Metodika hodnocení statických poměrů stromů WLA byla vyvinuta společností Safe Trees, s.r.o. a Ústavem nauky o dřevě Lesnické a dřevařské fakulty MZLU v Brně v rámci grantu Agentury ochrany přírody a krajiny ČR v roce 2006. Navazuje na metodu SIA (Statisch Integrierte Abschätzung) L. Wessollyho (Wessolly, Erb, 1998), přičemž odstraňuje několik problematických míst a zavádí nové hodnotitelské možnosti.

Pomocí metody WLA je možné modelově vypočítat, jaké síly budou působit na hodnocený strom v případě vichřice (větru o rychlosti 32 m.s^{-1}) a zjistit, jestli je strom tento nápor schopný přestát s uvažováním dimenze jeho kmene, případně vybraných typů defektů. Hodnotí se jednak odolnost proti zlomu a jednak odolnost proti ukroucení. K dispozici je i návrh možnosti stabilizačního řezu v případě, že se stabilita stromu ukáže být nedostatečná.

Metodu lze využít na soliterně rostoucí stromy, event. stromy ve velmi rozvolněných skupinách, které ještě neztratily charakter solitery. Není možné tedy hodnotit stromy v porostech. Metodu nelze aplikovat na vícekmenné, protože v takových případech nelze spolehlivě zjistit část větrné zátěže, která působí na jednotlivé kmeny. Existuje také řada defektů, které nejsou zařazené v katalogu defektů (krok C). Při hodnocení je tedy nutné zohlednit i tuto skutečnost. Odolnost proti vývratu není při výpočtu uvažovaná.



Výpočet statických poměrů stromů metodou WLA sestává ze čtyřech kroků :

- Krok A zjištění vstupních dendrometrických parametrů
- Krok B výpočet základní hodnoty stability (ZHS) pro ohyb a krut
- Krok C úprava ZHS podle nalezených defektů (v případě, že je původní ZHS vyšší než 100%)
- Krok D výpočet vlivu stabilizačního řezu na úpravu ZHS

Dále je podrobně popsán postup výpočtu včetně možných úprav postupu ve zvláštních případech. Výpočet lze realizovat buď ručně pomocí uživatelského manuálu (v prodeji na www.vltava2000.cz/schola), příp. pomocí internetového portálu www.safetrees.cz/wla.

Krok A

V prvním kroku je uživatel veden k vyplnění základních hodnot o posuzovaném jedinci. Vypočítávají se hodnoty využívané v následném postupu.

Taxon stromu se uvádí odborným názvem. Stačí určení na úroveň druhu. V současné době jsou do metody WLA zařazené druhy, jejichž materiálové vlastnosti dřeva byly publikované v tzv. Stuttgartském katalogu vlastností dřeva (Wessolly, Erb, 1998):

	Taxon	C _w	Specific gravity	Modul pružnosti [MPa]	Pevnost [MPa]	Deformace na mezi úměrnosti [%]
1	<i>Abies alba</i>	0,20	0,63	9500	15,0	0,16
2	<i>Acer campestre</i>	0,25	0,90	6000	25,5	0,43
3	<i>Acer negundo</i>	0,25	0,90	5600	20,0	0,36
4	<i>Acer pseudoplatanus</i>	0,25	0,90	8500	25,0	0,29
5	<i>Acer saccharinum</i>	0,25	0,90	6000	20,0	0,33
6	<i>Acer saccharum</i>	0,25	0,90	5450	20,0	0,37
7	<i>Aesculus hippocastanum</i>	0,28	0,92	5250	14,0	0,27
8	<i>Ailanthus</i>	0,15	0,80	5600	20,0	0,36
9	<i>Alnus</i>	0,25	0,87	8000	20,0	0,25
10	<i>Betula pendula</i>	0,12	0,88	7050	22,0	0,31
11	<i>Carpinus betulus</i>	0,25	0,99	8800	16,0	0,18
12	<i>Castanea sativa</i>	0,25	1,06	7000	25,0	0,36
13	<i>Cedrus</i>	0,20	0,80	7650	15,0	0,2
14	<i>Cercis siliquastrum</i>	0,25	0,80	8000	15,0	0,19
15	<i>Fagus sylvatica</i>	0,25	1,00	8500	22,5	0,26
16	<i>Fraxinus excelsior</i>	0,20	0,93	6250	26,0	0,42
17	<i>Gleditsia triacanthos</i>	0,25	0,80	6400	16,0	0,25
18	<i>Juglans nigra</i>	0,25	0,89	7000	20,0	0,29
19	<i>Juglans regia</i>	0,25	0,97	7000	20,0	0,29
20	<i>Larix decidua</i>	0,15	0,82	5350	17,0	0,32
21	<i>Liriodendron tulipifera</i>	0,25	0,80	5000	17,0	0,34
22	<i>Picea abies</i>	0,20	0,71	9000	21,0	0,23
23	<i>Pinus pinaster</i>	0,20	0,61	8500	18,0	0,21
24	<i>Pinus sylvestris</i>	0,20	0,74	5800	17,0	0,29
25	<i>Platanus acerifolia</i>	0,25	0,99	6250	27,0	0,43
26	<i>Populus nigra</i>	0,20	0,83	6520	20,0	0,31
27	<i>Populus nigra 'Italica'</i>	0,30	0,83	6800	16,0	0,24
28	<i>Populus x euroamericana</i>	0,25	0,77	6050	20,0	0,33
29	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0,20	0,63	10000	20,0	0,2



	Taxon	C _w	Specific gravity	Modul pružnosti [MPa]	Pevnost [MPa]	Deformace na mezi úměrnosti [%]
30	<i>Pyrus communis</i>	0,30	1,00	5800	17,0	0,29
31	<i>Quercus rubra</i>	0,25	1,05	7200	20,0	0,28
32	<i>Quercus robur</i>	0,25	1,00	6900	28,0	0,41
33	<i>Robinia monophylla</i>	0,15	0,95	5200	20,0	0,38
34	<i>Robinia pseudoacacia</i>	0,20	0,93	7050	20,0	0,28
35	<i>Salix alba</i>	0,20	0,82	7750	16,0	0,21
36	<i>Salix x sepulcralis</i>	0,20	0,80	7000	16,0	0,23
37	<i>Sequoiadendron giganteum</i>	0,20	1,05	4550	18,0	0,4
38	<i>Sorbus aucuparia</i>	0,25	1,07	6000	16,0	0,27
39	<i>Tilia cordata</i>	0,25	0,70	8300	20,0	0,24
40	<i>Tilia hollandica</i>	0,25	0,70	4500	17,0	0,38
41	<i>Tilia platyphyllos</i>	0,25	0,76	8000	20,0	0,25
42	<i>Tilia tomentosa</i>	0,25	0,70	8350	20,0	0,24
43	<i>Tilia x euchlora</i>	0,25	0,70	7000	17,5	0,25
44	<i>Ulmus glabra</i>	0,25	1,01	5700	20,0	0,35
45	<i>Ulmus laevis</i>	0,25	0,87	5700	20,0	0,35

V případě, že konkrétní taxon v seznamu uvedený není, je možné použít druh s podobnými materiálovými vlastnostmi a podobným koeficientem C_x.

Výška stromu se měří pomocí výškoměru od báze kmene po nejvyšší bod v koruně. Není možné pro kompletní výpočet používat hodnoty pouze odhadnuté.

Výškou kmene je míněn spodní okraj koruny potřebný k následnému výpočtu její plochy. Nejedná se tedy o nasazení kosterních větví.

Výška koruny je vypočítaná jako rozdíl výšky stromu a výšky kmene. Jedná se o jeden z hlavních parametrů potřebných pro výpočet větrné zátěže, která na strom působí.

Průmět koruny udává šířku koruny ve směru očekávaného větrného náporu. V případě stromu rostoucího na otevřeném prostranství se počítá s největším průmětem koruny bez ohledu na expozici.

Excentricita koruny udává vychýlení těžiště koruny od osy kmene. Nepočítá se tedy s výchylnou vrcholu koruny, ale výšky těžiště koruny, které lze zjistit pro danou výšku stromu, tvar koruny a výšku nasazení koruny z diagramu C. Excentricita koruny se využívá jako základní parametr pro výpočet odolnosti stromu proti ukroucení. Případnou redukci excentricity (symetrizačním řezem) je možné tento parametr pozitivně ovlivňovat.

Tvar koruny charakterizuje habitus hodnoceného stromu pro účely následného výpočtu výšky těžiště a plochy koruny. K dispozici jsou dvě tvarové charakteristiky – koruna oblá a trojúhelníková. Pozor – v kroku D je možné počítat se stabilizačním řezem pouze v případě, že strom má korunu oblou.

Krok B

Ve druhém kroku hodnocení probíhá vlastní výpočet základní hodnoty stability ve dvou parametrech. Jednak se jedná o **odolnost proti ohybu**, která vyjadřuje schopnost kmene stromu odolat prostému ohybu v závislosti na síle působené větrným nápoem a vlastnostem nosného prvku – kmene (průměr kmene, materiálové vlastnosti dřeva). Druhým parametrem je **odolnost proti krutu**, neboli torznímu zatížení. V rámci tohoto parametru je možné zjišťovat vliv excentrické koruny, příp. náklonu kmene na statické poměry stromu.

Pro výpočet základní hodnoty stability (ZHS) je nejprve nutné zjistit několik průběžných parametrů.

Plocha koruny se zjišťuje z Tabulky a v závislosti na tvaru koruny (trojúhelníkový či oblý tvar), výšce koruny a průmětu koruny. Jedná se o zjednodušení tvaru na geometrický dvourozměrný ovál či trojúhelník. Na úvaze hodnotitele tedy zůstává, aby pro vstupní hodnoty správně určil veličiny



náporové plochy větru. V tabulce a jsou hodnoty uvedené po lichých číslech – v případě hodnoty mezi uvedenými čísly je třeba interpolovat pomocí aritmetického průměru. Výsledek vychází v m^2 .

Koeficient stanoviště zohledňuje ochranný vliv, který hodnocenému stromu poskytuje růst v oblasti s větší drsností povrchu. Základní zátěžová analýza použitá pro sestavení metody WLA počítá s otevřenou krajinou s laminárním prouděním větru. Zvyšující se počet turbulencí modifikuje a v celkovém aspektu zpomaluje větrné proudění, a tím snižuje i namáhání hodnoceného stromu. K dispozici jsou čtyři možné případy – volná krajina, ves/členitý terén, příměstská oblast a město. V případě nejistoty je doporučeno použít nižší koeficient – tedy menší ovlivnění ZHS.

Koeficient materiálových vlastností se zjišťuje zvlášť pro výpočet ZHS v ohybu (Tabulka B) a v krutu (Tabulka D). Jedná se o bezrozměrnou charakteristiku, vyjadřující individuální vlastnosti daného taxonu – tedy jeho materiálové vlastnosti dřeva a koeficient prodouvavosti koruny (C_k). Pro sestavení vlastnostních charakteristik dřevin byl využit tzv. Stuttgartský katalog (Wessolly, Erb, 1998). Dřeviny v Tabulkách B a D jsou rozdělené abecedně dle odborných názvů taxonů a dále podle toho, zda se jedná o jehličnany či listnáče. Pro usnadnění odečtu jsou diagramy dále rozdělené pro průměry kmene 0.3 – 0.5 m a pro průměry 0.5-1.0 m.

Výška těžiště koruny se určuje opět zvlášť pro koruny oblé a pro koruny trojúhelníkové z Tabulky C. Nomogram je uvedený v metrech s přesností na jedno desetinné místo – odečet probíhá podle výšky stromu a výšky koruny. Výška těžiště koruny je důležitá nejen pro výpočet ZHS, ale i pro správné určení excentricity koruny (viz krok A). Tu je totiž nutné odhadovat právě ve výšce těžiště.

Výpočet ZHS v obou parametrech (odolnost proti ohybu a krutu) proběhne po dosažení výše stanovených hodnot do uvedeného vzorce. Výsledná hodnota je v procentech, přičemž hodnota 100% vyjadřuje stav, kdy strom je právě schopný odolat kalkulované síle větru. Vyšší hodnoty vyjadřují určitou „statickou rezervu“, kdy je možné dále počítat s její redukcí v důsledku přítomnosti defektu (krok C). Nižší hodnoty ukazují na stav, kdy existuje riziko selhání a strom je třeba stabilizovat pomocí redukčního řezu (krok D).

Následné kroky je možné realizovat pouze pro ZHS v ohybu. Možností úpravy ZHS v krutu je pouze možnost redukce excentricity koruny pomocí symetrizačního redukčního řezu a výpočet jeho vlivu znovu výše uvedeným způsobem s novou hodnotou excentricity.

Krok C

Třetí krok hodnocení je možné použít pouze v případě, že ZHS v ohybu získaná v kroku B je vyšší než 100%. V takovém případě můžeme zjistit vliv zjištěného defektu na ZHS pomocí jedné ze tří metod. Tyto metody nelze kombinovat – v daném případě je možné vždy použít jen jeden metodický postup pro definici defektu.

Metoda 1 – jedná se o výběr defektu z katalogu defektů. Ten zahrnuje různé typy otevřených dutin s různou silou zbytkové stěny, velikostí otvoru a dynamiky vývoje kalusu. Část defektů zahrnuje i tvar kmenů s rozpadlou tlakovou vidlicí. Volba adekvátního profilu z katalogu je čistě na hodnotiteli. Výpočet vlivu daného defektu na ZHS proběhne po dosažení uvedené procentuální srážky nosnosti profilu (16) do uvedeného vzorce.

Metoda 2 – tato metoda se využije v případě, že známe průměrnou zbytkovou stěnu dutiny. Tu lze zjistit např. některým z invazivních či neinvazivních přístrojových testů (penetrografie, přístroje založené na principu zvukových vln apod.), příp. odhadem. Tato metoda se využívá pro uzavřené dutiny s přibližně stejnou zbytkovou stěnou ve všech částech. Vydělením tloušťky zbytkové stěny (v cm) čistým průměrem kmene získáme koeficient zbytkové stěny, pomocí kterého z Diagramu E odečteme koeficient snížení pevnosti. Vynásobením ZHS tímto koeficientem získáváme redukovanou ZHS v důsledku analyzovaného defektu.

Metoda 3 – jedná se o postup, kdy ve kmeni stromu existuje uzavřená dutina s neznámou zbytkovou stěnou. Výstupem z tohoto metodického postupu není upravená ZHS, ale výpočet minimální nutné zbytkové stěny, kterou strom potřebuje, aby obstál při větrném náporu. Tato hodnota (uvedená v cm) slouží dále k odhadovému hodnocení stavu stromu. Stanovení koeficientu redukce průměru kmene z Diagramu F je obdobné výše uvedenému postupu.

Pro příp. další výpočet je možné použít pouze výstup z Metody 1 a Metody 2. Pokud dojde v důsledku analyzovaného defektu ke snížení ZHS pod hodnotu 100%, je opět nutné v kroku D vypočítat nutnou redukci koruny pro stabilizaci stromu.



Krok D

Krok D je možné realizovat pouze pro stromy s oblým tvarem koruny. U stromů s korunou trojúhelníkovou je v důsledku minimální plochy koruny ve vrcholové části obvodový stabilizační řez výrazně neefektivní při snižování těžiště a redukci náporové plochy koruny. Navíc se jedná v naprosté většině případů o taxony s výrazně monopodiálním růstem, u nichž by odstranění terminálního výhonu vedlo k významnému fyziologickému poškození.

Diagram G pro výpočet vlivu redukčního řezu na stabilitu stromu je rozdělený do šesti grafů v závislosti na poměru výšky kmene ku výšce stromu. Z tohoto důvodu je možné poměrně podrobně zjišťovat vliv stabilizačního řezu na stromy s různým stupněm vyvětvení koruny.

V kroku D se stanovuje zvýšení stability v důsledku redukce koruny ve 4 krocích = 4 konturách (A-D). Redukce výšky stromu v jednotlivých konturách je různá podle výšky analyzovaného stromu. Postupem znázorněným v pracovním listu dojde pro každou ze čtyř kontur jednak k výpočtu její úrovně (v metrech) a jednak k výpočtu vlivu této redukce na ZHS v ohybu. Hodnotitel následně zpravidla vybere takovou konturu, která je nejbližší k hodnotě ZHS 100% - realizace takového redukčního řezu je pro strom nejšetrnější (nedochází k odebrání příliš velkého objemu korunové hmoty) a současně umožňuje stabilizaci jedince.

Návrh tohoto typu redukčního řezu je vždy nutné posoudit odborným arboristou i z hlediska fyziologické vitality jedince a taxonem dané schopnosti regenerace. Je možné, že v některých případech bude v důsledku silného statického narušení jedince i „nejšetrnější“ varianta kontury řezu příliš radikální a její realizace by naplnila parametr poškození dřeviny dle zák. 114/92 Sb. o ochraně přírody.



Případové studie

Zadání 1

Lípa velkolistá (*Tilia platyphyllos*)

Průměr kmene	68 cm
Tloušťka borky	2 cm
Výška stromu	21 m
Výška kmene	4 m
Výška koruny	$21 - 4 = 17$ m
Průmět koruny	7 m
Tvar koruny	2
Lokalita – krajina	
Solitéra	

Postup výpočtu:

Krok	Úkon	Výsledná hodnota
A	Výpočet čistého průměru kmene $68 - (2 \times 2) = 64$ cm	64 cm
	Zjištění plochy koruny: Tabulka a pro oblou korunu – podle výšky koruny a průmětu koruny zjistíme plochu koruny	93 m
	Určení koeficientu stanoviště: Lokalita krajina	100
B	Určení koeficientu materiálových vlastností: Diagram B – pro průměr kmene od 0,5 do 1 m, listnáče T-Z Na základě průměru kmene odečteme pomocí křivky „Tilia ostatní,, hodnotu koeficientu materiálových vlastností pro ohyb	3,3
	Zjištění výšky těžiště: Tabulka C pro oblou korunu – na základě výšky stromu a výšky kmene určíme výšku těžiště	12,5 m
	Výpočet základní hodnoty stability pro ohyb: $((3,3 \cdot 1000)/(93 \cdot 12,5)) \cdot 100$	358%

Vysvětlení:

Základní hodnota stability v ohybu je 358%. To znamená, že strom je schopný vyrovnat se s definovanou zátěží. Pokud u stromu nebyl zjištěn žádný defekt, výpočet tímto krokem končí.



Zadání 2

Javor mlč (*Acer pseudoplatanus*)

Průměr kmene	62 cm
Tloušťka borky 2 cm	
Výška stromu	25 m
Výška kmene	4 m
Výška koruny	21 m
Průmět koruny	11 m
Lokalita	příměstská oblast

V kmeni se nachází otevřená centrální dutina s vyvíjejícím se kalusovým valem.

Postup výpočtu:

Krok	Úkon	Výsledná hodnota
A	Výpočet čistého průměru kmene $62 - (2 \cdot 2)$	58 cm
B	Plocha koruny: Tabulka a – oblá koruna: na základě výšky a průmětu koruny zjistíme z tabulky hodnotu plochy koruny	181 m ²
	Stanovení koeficientu stanoviště: Lokalita – příměstská oblast	125
	Zjištění koeficientu materiálových vlastností pro ohyb: Diagram B – pro průměr kmene od 0,5 – 1 m, listnáče A Pomocí průměru kmene a křivky „Acer pseudoplatanus“, určíme koeficient materiálových vlastností	3,1
	Výška těžiště: Tabulka C – oblá koruna Na základě výšky stromu a výšky kmene určíme výšku těžiště	14,5 m
	Výpočet základní hodnoty stability v ohybu: $((3,1 \cdot 1000) / (134 \cdot 15,5)) \cdot 125$	187%
C	Zohlednění vlivu defektu: Z galerie obrázků byl vybrán typ nosného profilu, který nejvíce odpovídá skutečnosti. V tomto případě byl vybrán profil, který bude redukovat základní hodnotu stability pro ohyb na 42 % $187 \cdot (42/100)$	79%
D	Stabilizační řez: Na základě poměru výšky kmene a výšky stromu nalezneme příslušný diagram G: $4/25 = 0,16$ – to se nejvíce blíží hodnotě 0,1, proto vyhledáme diagram G pro hodnotu 0,1 Z diagramu G zjistíme koeficienty zvýšení základní hodnoty stability pro kontury A, B, C a D Jednotlivé koeficienty vynásobíme s původní základní hodnotou stability: Pro redukci a tzn. redukce koruny o 10% - $79 \cdot 1,24 = 98\%$ Pro redukci B tzn. redukce koruny o 20% - $79 \cdot 1,6 = 126\%$ Pro redukci C tzn. redukce koruny o 30% - $79 \cdot 2,1 = 166\%$ Pro redukci D tzn. redukce koruny o 40% - $79 \cdot 2,9 = 229\%$	



Vysvětlení:

Základní hodnota stability v ohybu s ohledem na přítomnost otevřené dutiny není dostatečná (ZHS < 100%). Je nutné provést stabilizační řez koruny. Z výsledných hodnot kroku D je zřejmé, že snížením výšky stromu o 20% tzn. o 5 m se zvýší základní hodnota stability na 126%, což je z mechanického hlediska dostačující. Při volbě nejvhodnější úrovně řezu je však nutné zohlednit také zdravotní stav stromu, fyziologickou vitalitu na daném stanovišti, regenerační schopnosti taxonu apod.

Zadání 3

Buk lesní (*Fagus sylvatica*)

Průměr kmene	73 cm
Tloušťka borky	1 cm
Výška stromu	27 m
Výška kmene	7 m
Výška koruny	20 m
Průměr koruny	7 m
Lokalita	volná krajina
Excentricita	5 m

Postup výpočtu :

Krok	Úkon	Výsledná hodnota
A	Výpočet čistého průměru kmene: $73 - (2 \cdot 1)$	71 cm
B	Plocha koruny: Tabulka a – oblá koruna: V tabulce je uvedena plocha koruny pro výšku koruny 19 a 21 m. Pro vyčíslení hodnoty plochy koruny pro výšku koruny 20 m a průměr koruny 7 m je nutné provést interpolaci: $(104 + 115)/2$	109,5 m ²
	Stanovení koeficientu stanoviště: Lokalita – volná krajina	100
	Určení koeficientu materiálových vlastností: Diagram B – pro průměr kmene od 0,5 do 1 m, listnáče C-F	5,1
	Výška těžiště: Tabulka C – oblá koruna: na základě výšky stromu a výšky kmene určíme výšku těžiště	17 m
	Výpočet základní hodnoty stability v ohybu: $((5,1 \cdot 1000)/(109,5 \cdot 17)) \cdot 100$	274%
	Určení koeficientu materiálových vlastností pro krut: Diagram D – pro průměr kmene od 0,5 do 1 m, listnáče C-F	2,6
	Výpočet základní hodnoty stability pro krut: $((2,6 \cdot 1000)/(109,5 \cdot 5)) \cdot 100$	475%



8. Diagnostické přístroje

V posledních letech byly vyvinuty četné přístrojové metody pro hodnocení provozní bezpečnosti stromů. Důvodem je skutečnost, že pouhým vizuálním posouzením není často možné spolehlivě zhodnotit některé z defektů (např. rozsah dutin nebo poškození kořenového systému), natož stanovit jejich vliv na statické poměry hodnoceného jedince. Potřeba v konkrétních případech dojít k co nejpřesnějšímu posouzení míry rizika selhání, souvisejícího se zjištěným defektem, vyvolává nutnost využití přístrojů pracujících na bázi nejrůznějších fyzikálních principů.

Využití diagnostických přístrojů je posledním krokem při posuzování míry rizika, které představuje existence stromů na hodnocené ploše. Vždy mu předchází využití vizuálních metod, kterými je možné většinu defektů nalézt a dostatečným způsobem popsat jejich vliv na statické poměry stromů. Užití diagnostických přístrojů je omezené na skupinu defektů, u nichž je obtížné či nemožné nalézt patrné defekty, příp. u nichž nelze s výhradním využitím vizuálních metod stanovit rozsah s dostatečnou mírou jistoty. V převážné většině případů je jejich využívání limitované na stromy rostoucí na silně frekventovaných stanovištích.

8.1 Principy diagnostických přístrojů

Při používání diagnostických přístrojů má zásadní důležitost pochopení principů, na kterých konkrétní přístroje pracují. To umožňuje správně interpretovat výsledky a volit odpovídající typ přístroje pro zkoumání konkrétního defektu. Naopak neznalost principů hodnocení často vede k vynakládání značných finančních částek na hodnocení, které v zásadě nemůže přinést konstruktivní informaci; v horším případě které nadměrně a zcela zbytečně poškodí hodnocený strom.

8.1.1 Metody invazivní, destruktivní a nedestruktivní

Značná diskuze je v arboristické literatuře věnována volbě a využívání invazivních metod šetření. Jako invazivní metody se označují ty postupy, při nichž dochází k zásahu do pletiv kmene, event. k odběru či odstranění jejich částí. Za invazivní metodu tedy je možné označit i využívání ultrazvukového přístroje ADD, protože pro realizaci testu je nutný odběr krycích pletiv kmene a umožnění kontaktu sondy přímo s dřevním válcem. Za destruktivní metody se považují pouze ty postupy, při kterých dochází k vývrtům, vedoucím až do oblasti předpokládaného defektu.

Rozdíl mezi invazivními a destruktivními metodami je značný. Zatímco v případě metod invazivních dochází k zásahu maximálně do obvodových, fyziologicky nejvíce aktivních vrstev dřeva, při postupech destruktivních dochází k průniku i do jádrového dřeva, příp. k poškození obranných zón, vytvořených při kompartmentalizaci defektů (SHIGO, 1986). Z toho vyplývá, že invazivní postupy lze využívat v podstatě kdykoli, kdy stav stromu a jeho pozice vyžaduje realizaci přístrojového testu. Naproti tomu využívání destruktivních postupů by mělo být striktně omezeno na stavy, kdy s vysokou pravděpodobností předpokládáme následné odstranění předmětného stromu, případy zjišťování důvodů pádu již odumřelého stromu a zcela výjimečné případy použití na živých stromech, kdy neexistuje alternativní postup.

Rozdíly mezi velikostí poškození, vznikajícího při použití destruktivních metod, se liší. Zatímco v případě Presslerova nebozezu má vývrt průměr kolem 8 mm, v případě použití penetrografů kolísá velikost vznikajícího vývrtu mezi 1 a 3 mm. Na druhou stranu existují názory (SCHWARZE, nepub.), že naopak vývrtů malého průměru jsou z důvodu výrazně nižší dynamiky vysychání pro šíření mycelia dřevokazných hub ve směru z infikovaných částí kmene do částí dosud nenapadených příznivější. Akceptování tohoto názoru by znamenalo, že při posuzování vlivu destruktivních metod na hodnocený strom nemá prioritu hodnocení rozsahu poškození, ale jeho typu a umístění.

Výsledky výzkumů realizovaných v této oblasti (HÖSTER, 1993; LESNINO, 1994), vedly k tomu, že v současné době jsou v rámci evropské arboristické obce destruktivní metody postupně zatlačovány do pozadí. Tento přístup se odráží především v německých oborových normách ZTV-Baumpflege (1996), které výslovně uvádějí, že při volbě metod pro hodnocení stromů mají dostat přednost ty přístupy, které nepoškozují předmětný strom. Obecně je doporučováno minimalizovat počet sond, realizovaných pomocí destruktivních metod (LONSDALE, 1999), což ovšem může kolidovat s požadavkem dosažení odpovídající výpovědní schopnosti.



Výhodou nedestruktivních postupů není jen to, že nedochází k poškození hodnoceného jedince. Důležitou pozitivní skutečností je i fakt, že test je možné následně opakovat a získat tak časovou řadu vývoje sledovaného defektu. To je velice důležité pro získání přehledu o tom, zda dochází k šíření defektu, nebo zda je strom úspěšný při eliminaci jeho vlivu.

8.1.2 Metody bodového hodnocení

Mezi metody, které v rámci jednoho postupu hodnotí pouze jeden bod na těle zkoumaného stromu, řadíme:

- Presslerův nebozez,
- penetrometry,
- metody měření elektrického odporu.

Při těchto metodách je možné získat přehled výhradně o místě, ve kterém byl odebrán vzorek či do kterého byla aplikována sonda. Opakovaným měřením sice můžeme získat přehled o více místech v rámci sledované části kmene či větve, ovšem pouze za cenu vzniku dalších poranění (jedná se vždy o metody destruktivní).

Je zřejmé, že vysoce obtížná je i volba reprezentativního místa pro provedení testu. Dutiny uvnitř kmene vždy představují značně nerovnoměrný útvar, přičemž pojem „zbytkové stěny“ je často vyložene virtuálním pojmem. V rámci jednoho nosného profilu (jedné výškové úrovně kmene) tak může dojít při realizaci více testů k získání nesrovnatelných a nevěrohodných výsledků. Situace se navíc může dynamicky měnit při postupu do jiných výšek (WESSOLLY, 1995).



Obr. 31: Skutečný tvar zbytkové stěny centrální dutiny.

8.1.3 Metody hodnocení nosného profilu

Tato skupina metod zahrnuje přístupy, které dovolují nedestruktivně získat přehled o stavu a kvalitě materiálu v rámci jednoho nosného profilu. Řadíme sem:

- impulzní kladivo,
- ADD,
- Silvatest,
- Picus,
- tomograf.

Z hlediska interpretace výsledků se oproti výše uvedeným metodám dostáváme na vyšší úroveň, kdy je možné již provádět kalkulace nosnosti daného profilu. Značnou výhodou je i fakt, že se jedná o metody nedestruktivní (v případě ADD a Silvatestu o metody invazní). Značné rozdíly jsou samozřejmě v přesnosti a v typu výstupů z jednotlivých přístrojů (viz dále). V současné době je za nejpokročilejší prakticky použitelnou metodu považováno využití přístroje Picus, který produkuje výstup v podobě barevně vylíšených částí kmene s předpokládanou změnou v materiálových vlastnostech dřeva. Obdobný výstup se získává i z tomografu, ovšem finanční náročnost tohoto přístroje a značné problémy při jeho transportu a využití omezují jeho aplikaci pouze na vybrané výzkumné úkoly.

8.1.4 Metody komplexního hodnocení

Jediná v současné době využívaná metoda se zaměřuje na hodnocení větších úseků kmene – jedná se o SIM (tahové zkoušky). V daném případě nedochází k testování jednotlivých profilů, ale vzhledem k využívání zařízení se záběrem 20 cm (elastometr) dochází k prověřování materiálových vlastností v celé této oblasti. Vzhledem ke skutečnosti, že se jedná o metodu nedestruktivní, je možné měření opakovat a pokrýt tak celou oblast očekávaného defektu, aniž by došlo k narušení vlastností hodnoceného stromu.

Součástí použití této metody je i interpretace výsledků, protože jako jediný z uvedených metodických postupů zahrnuje i zpracování zátěžové analýzy hodnoceného stromu a zpracování prognózy týkající se síly větru, při které je možné očekávat selhání stromu.

8.2 Mechanické testy

Jedná se o metodické přístupy, které přímo testují defektní části kmene či odebrané vzorky dřevní části.

8.2.1 Testovací tyče a kladívko

Pro základní hodnocení rozsahu defektů (především rozsahu trhlin a hnilob bází kmene) se dlouhou dobu využívají testovací tyče. Jedná se jednak o tenké ocelové pruty pro vtlačování do trhlin a měření jejich rozsahu, jednak o silné tyče, zakončené tupou špicí pro testování podzemních částí kořenových náběhů. Silné testovací tyče mohou být s výhodou využity pro zjištění případné infekce u kmenů s patrným vývojem adventivních kořenů, příp. u stromů bez patrných kořenových náběhů, u nichž existuje možnost, že jejich báze byly v minulosti zasypány.

V případě testovacího kladívka se jedná o palici s gumovou hlavou, po jejímž poklepu může zkušená obsluha interpretovat vzniklý zvuk – tedy zda indikuje přítomnost dutiny ve kmeni či nikoli. Výhodou tohoto typu vybavení je snadná dostupnost a nenáročnost při použití. Nevýhodou zůstává, že interpretace výsledků je vysoce subjektivní a je založena na zkušenosti obsluhy. Chybné výsledky mohou vznikat např. při poklepu na volný pás borky, event. při práci s taxonem s výrazně odlišnými materiálovými vlastnostmi dřeva, než na které byla obsluha vyškolená.

8.2.2 Presslerův nebozez

Jedná se o nejstarší používanou přístrojovou metodu hodnocení stavu dřevní části kmene. Spočívá v odběru dřevního válečku pomocí Presslerova nebozezu (přírůstoměru). Presslerův nebozez je dutý vrták se speciální vrtnou hlavou, vybavený lžičkou pro vyjmutí dřevního válečku. Tyto nebozezy jsou vyráběny v různých délkách, jejich průměr se pohybuje mezi 5 až 10 mm.

Odebraný vzorek je možné hodnotit buď vizuálně, nebo pomocí dalších přístrojů či laboratorních technik. Jedná se o metodu využívanou při dendrochronologických výzkumech, velmi časté je její využívání v lesním hospodářství pro kvantifikaci míry přírůstu dřevin.

V arboristické praxi se tento přístroj používá pouze výjimečně, a to pro zjišťování zbytkové stěny dutin, příp. pro stanovení rozsahu infekce probíhající ve kmeni hodnoceného stromu.

Při odběru vzorku dochází k poměrně rozsáhlé destrukci hodnoceného stromu. Navíc pokud je uvnitř kmene přítomna hniloba a celý závit se do ní zanoří, může být obtížné (i nemožné) přístroj ze kmene vyjmout.

8.2.3 Fraktometr

Pro zpřesnění výstupů z hodnocení odebraných vzorků dřeva byl Mattheckem a jeho kolegy (MATTHECK ET AL., 1994) navržen a patentován přístroj, nazvaný *fraktometr*. Je založen na principu měření pevnostních parametrů dřeva z radiálních a tangenciálních vývrtů. Princip vysvětluje MATTHECK, BETHGE (1995, 1998). Tvrdí, že tímto způsobem lze změřit pevnost dřeva v tlaku kolmo na směr vláken radiálně a tangenciálně, ohybovou pevnost (radiální) a smykovou pevnost.

Pro měření je nutný odběr vzorku přírůstovým nebozezem (\varnothing 5 mm). Výpověď je omezena opět na místo odběru. Tento vzorek je následně pohybem otočného palce po částech odlamován a přístroj eviduje odpor, který dřevní váleček v daném místě klade, a úhel zlomu. Autor uvádí, že velký moment zlomu a malý úhel indikují zdravé dřevo, zatímco snižování momentu zlomu a zvětšování úhlu (příp. souběh obojího) je známkou přítomnosti hniloby.

Autoři doporučují interpretaci takto získaných hodnot ve smyslu sledování materiálových změn probíhajících na konkrétním místě hodnoceného stromu a jejich využití při výpočtech zátěže daného profilu ohybovým momentem při působení větru.



Kritika použití této metody (LESNINO, 1994) je založena především na třech bodech:

- 1) Hodnoty odolnosti dřeva jsou získávány ve směru radiální, nikoli longitudinální zátěže. Proto nelze tyto údaje využívat při zjišťování odolnosti proti zlomu celého kmene.
- 2) Získané hodnoty mají význam pouze pro bezprostřední oblast odběru vzorku a v dalších částech kmene se mohou významně lišit.
- 3) Získané výsledky mohou zčásti odrážet skutečnosti, které nejsou objektivně reprodukovatelné.

Při použití tohoto přístroje v USA byly dále zjištěny problémy při jeho využití na dřevo určitých taxonů, u nichž se vzorky lámaly již při jejich umístění do držáku přístroje a nebylo tedy možné získat žádná reprezentativní čtení. Standardy čtení popsané z evropských druhů také neodpovídaly hodnotám získaným na druzích amerických. Bylo proto doporučeno čtení z fraktometru používat pouze jako relativní a vždy je srovnávat se zdravým vzorkem téhož druhu z dané lokality (MATHENY ET AL., 1999).

8.2.4 Endoskop

Některými autory je pro sledování uzavřených či hůře přístupných dutin doporučováno využití endoskopů běžně používaných v průmyslu a lékařství. Jedná se o kameru umístěnou na ohebném kabelu, kterou je možné zavést do trhlin, příp. do otvoru vytvořeného vrtákem (nutný průměr vývrtu se pohybuje kolem 3 mm). Ve značném procentu případů se tedy jedná o metodu destruktivní.

Interpretace takto získaných pozorování je ovšem velice vágní a kromě subjektivního dojmu lze od této metody očekávat jen informace okrajového charakteru.

8.3 Přístroje založené na principu rychlosti šíření zvuku

Jedná se o skupinu přístrojů, které zjišťují stav dřevního válce uvnitř kmene pomocí interpretace rychlosti šíření zvukových (event. ultrazvukových) vln dřevem. Zvukové vlny jsou na jedné straně kmene vysílány (buď sondou, nebo prostým úderem do sondy, umístěné na povrchu kmene) a na straně druhé jsou senzorem zachyceny v okamžiku dosažení tohoto místa. Zvukové vlny se šíří nejkratší cestou, ovšem pouze přes intaktní buněčné stěny dřeva. Existence dutin, trhlin nebo přítomnost dřeva infikovaného dřevokaznými houbami nutí zvukové vlny tato místa „obcházet“, což je následně možné zjistit srovnáním naměřených rychlostí šíření s rychlostmi referenčními. Jistou nevýhodou při interpretaci výsledků je fakt, že modifikaci rychlosti šíření zvukových vln ve dřevě mohou způsobit i jiné faktory, jako jsou např. změny ve vlhkosti.

Mezi metody využívající tento typ hodnocení řadíme:

- impulzní kladivo,
- ADD,
- Silvatest,
- Picus.

8.3.1 Impulzní kladivo

Jedná se o nejstarší přístroj pracující na této bázi prodáváný pod různými názvy (Metriguard Stress-wave Timer, Sound Impulse Hammer). Zvukové vlny jsou generovány úderem kladiva do jedné strany kmene a na straně druhé jsou zachycovány senzorem. Obě dvě sondy představují speciální vruty zašroubované do povrchu kmene tak, aby měly kontakt s dřevní částí kmene. Srovnáním rychlosti, s jakou zvuk dosáhne senzoru a průměru kmene, s rychlostí referenční se určují příp. odchylky od normálního stavu kmene – tedy dutiny, trhliny, příp. rozsah hniloby.

Tento přístroj je volně prodejný. Na trhu jsou k dispozici modely jak s výstupem na přenosnou tiskárnu, tak i s výstupem na port přenosného počítače.

Přístroj je schopen zaznamenat odchylky od normálu, ovšem kvantifikace rozsahu případného defektu je velice obtížná. Jedinou možností je opakovat následně měření po částech kmene a pokusit se tak ohraničit defekt pomocí více směrů měření. Na rozdíl od ultrazvukových přístrojů není použití tohoto typu omezené průměrem kmene.



Byly publikovány problémy interpretace výsledků získaných touto metodou při detekci určitých typů hnilob, způsobujících v prvních stádiích křehnutí dřeva (SCHWARZE ET AL., 1993). Především se jednalo o hnilobu, způsobenou dřevomorem kořenovým (*Ustulina deusta*). Při měření těmito metodami vede redukce hustoty dřeva k poklesu rychlosti šíření zvukových vln, zatímco redukce elasticity dřeva vede k jejímu zvýšení. Typ hniloby, redukující jak hustotu, tak i elasticitu dřeva, tak nemusí vykazovat žádné signifikantní rozdíly ve čtení. Problémy byly zjištěny i při evidenci infekce v raných stádiích (LONSDALE, 1999).

8.3.2 Silvatest

Přístroj pracuje na principu vysílání a přijímání ultrazvukových signálů o frekvenci 16 kHz. Skládá se opět ze dvou sond, které je třeba zapustit do kmene do hloubky cca 4–5 cm za pomoci speciálního vrtáku (sonda má tvar vysílané zvukové vlny). Rychlost průniku vln je opět podle naměřené vzdálenosti srovnávána s referenčními rychlostmi pro daný druh dřeviny. Protože byl tento přístroj původně určen pro testování trámů, je doplněn sondou pro zjišťování vlhkosti dřeva. Na rozdíl od ostatních typů přístrojů pracujících na tomto principu umožňuje testovat kmen nejen v příčném, ale i v podélném směru.

Přístroj byl vyvinut ve Švýcarsku, je komerčně dostupný. Údaje jsou odečítány na digitálním displeji, výstup dat na jiná média neumožňuje.

Zapouštěním poměrně masivních sond do dřeva kmene vznikají značné rány. Proto je tento přístroj třeba považovat za destruktivní i přesto, že jsou rány situované v obvodové cca 5 cm vrstvě kmene.

8.3.3 Arbosonic Decay Detector

Arbosonic Decay Detector (ADD) je přístroj pracující na bázi šíření ultrazvukových vln o frekvenci 78 kHz, které procházejí zdravým dřevem rychlostí $2\,000\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Ty jsou vysílány a přijímány kruhovou sondou o průměru cca 40 mm, kterou je třeba umístit buď na kůru (u dřevin s tenkou borkou nebo u mladých stromů či větví), nebo do bezprostředního kontaktu s dřevní částí kmene. Dosažení tohoto místa se provádí odstraněním borky a lýka pomocí razidla. Po ukončení měření je možné borku s lýkem vtlačit zpět, čímž se následky poranění snižují.

Přístroj byl původně vyvinut firmou Fujikura pro testování stavu telegrafních sloupů. V současné době je volně v prodeji spolu s referenčními rychlostmi pro diagnostiku živých stromů. Odečet hodnot probíhá z digitálního displeje bez možnosti výstupu v jiné formě. Vzhledem k malým rozměrům přístroje je možné ho s výhodou využít k i měření větví a kmene výše v koruně.

Jako nevýhodu je nutné chápat obtížnost získání reprezentativních čtení u stromů větších průměrů (cca s průměrem nad 100–140 cm), protože vysílaný signál poměrně rychle ztrácí na čitelnosti.

Ani použití tohoto přístroje neumožňuje měření zbytkové stěny dutiny a ohraničování interního defektu je možné pouze okrajově užitím více čtení v několika směrech.

8.3.4 PICUS

Dalším zástupcem přístrojů založených na sledování rychlosti šíření zvuku je přístroj německé provenience PICUS. Jedná se v podstatě o soustavu impulzních kladiv napojenou na kapesní počítač (PPC). Po zavedení snímacích sond v pravidelných intervalech kolem kmene hodnoceného stromu obsluha postupně vyšle zvukový signál o kmitočtu 50–200 kHz ze všech sond, přičemž se měří rychlost, za kterou zvukové vlny dojdou ke všem ostatním sondám. Výsledkem měření proto je sít měření, která po počítačovém zpracování vytváří barevný obraz profilu kmene.

Princip měření je shodný s výše popsáním impulzním kladivem. Při respektování výhod i nevýhod tohoto principu se jedná o metodu, kterou je možné stanovit nejen přibližný rozsah defektu, ale lze odhadnout i šíři zdravé zbytkové stěny dutiny, event. jednotlivá stadia rozkladu uvnitř kmene.

Na podobném principu, pouze s rozdílem vysílání impulzů speciálním pásem, pracuje přístroj německé provenience prodáváný pod názvem Arbotom.



8.4 Penetrometry

U této skupiny přístrojů probíhá měření odporu, který dřevo klade průniku vrtáčku či tenké elastické jehly za definovaných podmínek (rychlost průniku). Měřenou veličinou je většinou spotřeba výkonu motoru pro pohon vrtáčku. Výsledky jsou definované směrem průniku, vlhkostí a mechanickými vlastnostmi dřeva.

Při interpretaci výsledků ovšem může dojít i ke značným odchylkám např. v případě, že jehla neproniká kolmo do dřeva. Vznikající tření o stěnu vývrtu může vést k chybným výsledkům u větších průměrů kmene. Problémem zůstává i různý vliv infekce různými druhy dřevokazných hub na změnu mechanických vlastností dřeva. Bylo např. prokázáno, že v prvních fázích infekce dřevomorem kořenovým (*Ustilina deusta*) odpor kladený jehle penetrometru dokonce stoupá. U všech bílých hnilob se, na rozdíl od hnilob hnědých, projevuje snížení odporu teprve při masivním napadení. Problematické je obecně stanovení probíhající infekce v počátečním stadiu.

8.4.1 Použití přenosné vrtáčky

Nejjednodušším přístrojem této skupiny, dlouhodobě používaným především v USA, je využití běžné přenosné vrtáčky. Postupným zavrtáváním 2–3 mm tenkého vrtáčku (cca po 3 cm) a sledováním odporu kladeného jeho postupu a typu produkovaných pilin (barva, zápach) je možné při dostatečných zkušenostech obsluhy hodnotit rozsah interní hniloby a sílu zdravé zbytkové stěny v místě vývrtu.

Jedná se o nenáročný přístroj, ovšem jeho využití je značně limitováno jak zkušeností obsluhy, tak i možnostmi čistě vizuálního hodnocení typu pilin. Podle zkušeností z provedených testů může zkušená obsluha zjistit hniloby v pokročilejším stadiu (> 20% váhový úbytek rozkladu; COSTELLO, QUARLES, 1999). Vznikající destrukce je poměrně velká (daná velikostí použitého vrtáčku).

8.4.2 Resistograf

Jedná se o přístroj, založený na bateriové vrtáčce, pohánějící jehlu o průměru 2 mm rychlostí 0,34, 0,68 či 1,02 cm.s⁻¹. Podle modelu přístroje je hloubka vrtání 30, 40 nebo 50 cm. Odpor kladený průniku jehly, je přenášen na zapisovací zařízení, umístěné na vrchní straně přístroje a provádějící záznam na voděodolný papír. Přístroj snímá 50 odečtů na 1 mm postupu. Při postupu nejsou piliny vynášeny z vývrtu, po ukončení měření je tedy vývrt z větší části zanesený pilinami.

Vysoký odpor proti průniku jehly indikuje zdravé dřevo, zatímco odpor snížený přítomností hniloby. Vzhledem k citlivosti přístroje je možné u dřevin s výrazně patrným letním dřevem indikovat i rozdíl mezi jednotlivými letokruhy.

V prodeji jsou i modely, u nichž jsou výstupní data převáděna do digitální podoby a přes COM port přenášena do připojeného počítače, event. jsou propojitelné s příruční tiskárnou.

Oproti použití příruční vrtáčky je značnou výhodou, že výstupy zjištěné Resistografem jsou zaznamenané, a tedy interpretovatelné a ověřitelné i zpětně. Na druhou stranu je tento přístroj výrazně dražší, těžší a hůře transportovatelný. Vrtací jehly jsou ostré, při měření se postupně tupí a je nutné je pravidelně vyměňovat.

8.4.3 Sibert DDD 200

Penetrující jehla tohoto přístroje má průměr 1,27 mm a proniká do dřeva rychleji než u Resistografu při 7 000 ot.min⁻¹, což údajně snižuje problém s pilinami vyplňujícími vrtný otvor a způsobujícími dodatečné tření. Snímá ale méně dat na 1 mm průniku. Při délce 20 cm umožňuje testovat kmeny do průměru max. 40 cm. Špice vrtací jehly je mírně tupá, nevyžaduje proto pravidelnou výměnu tak jako u Resistografu.

Přístroj je na trhu k dispozici ve variantě s výstupem na papírový proužek nebo s výstupem na port osobního počítače. Vlivem snímání méně dat jej lze pro dendrochronologickou analýzu použít jen ve výjimečných případech.

8.4.4 Teredo

Jedná se o přístroj německé proveniencí s poměrně malým rozšířením. Používány jsou jehly s průměrem pod 1 mm, které se dřevem kmene propalují rychlostí 10 000 až 15 000 ot.min⁻¹. Jehly s průměrem 0,6 až 0,8 mm jsou dlouhé 60 cm, s průměrem do 1 mm jsou dlouhé 1 m. Používány jsou jehly s různou hlavou, k dispozici je i speciální adaptér, který současně s měřením odporu odebírá vývrt obdobně jako u Presslerova přírůstoměru. Jako pohon se užívá speciální vrtáčka.



Vzhledem k vysoké rychlosti otáčení jehly je zcela minimalizován vliv dřevní drti, shromažďované ve vývrtu, na měřené hodnoty.

Přístroj je napojen na počítač a speciální software vyhodnocuje přímo výsledky testu v grafické podobě. Běžně se v jedné úrovni provádějí tři měření pod úhlem 120°, možné je ovšem provádět i více testů.

8.5 Metody založené na sledování změn v elektrickém odporu

Přístroje založené na tomto principu se využívají jak ke kvantifikaci fyziologické vitality hodnocených stromů, tak i k hodnocení přítomnosti infekce uvnitř kmene. V literatuře je citována celá řada přístrojů založených na podobném principu, z nichž pouze některé jsou k dispozici pro praxi:

- Shigometr (USA),
- Vitamat (USA),
- Conditiometer AS-1 (SRN),
- Vitalometer (Francie),
- Metvit (ČR),
- Tree Vitality Meter (SR),
- Impulzní ohmmetr (SR),

Všechny přístroje využívají k měření odporu krátké impulzy jednosměrného proudu (s výjimkou přístroje Tree Vitality Meter, který využívá proud střídavý). Metoda je založena na skutečnosti, že se změnou rychlosti transportu tekutin ve vodivých pletivech kmene dochází i ke změnám jejich elektrického odporu. Odpor se mění i v závislosti na přítomnosti volných iontů, jejichž přítomnost výrazně stoupá ve dřevě infikovaném dřevokaznými houbami. Elektrický odpor je měřen sondou ohmmetru, postupně vsouvanou do předem vyvrtaného otvoru.

Problematická zůstává skutečnost, že se elektrický odpor dřeva mění nejen v důsledku změn ve struktuře dřeva, ale i v důsledku změn teploty, vlhkosti vzduchu, denní či roční doby měření, slunečního svitu atd. Množství faktorů, které tuto skutečnost ovlivňují, výrazně komplikuje možnost interpretace získaných výsledků.

8.5.1 Shigometer

Pro zavedení dvou sond do kmene je třeba předem vyvrtat otvory o průměru 2,8 mm. Hloubka otvorů pro testování může být kolem 30 cm, ale i více. Postupným zasouváním sond do otvorů probíhá odečet hodnot v různých úrovních. Zdravé dřevo má odpor kolem 400 až 500 k Ω , zatímco dřevo infikované např. hnědou hnilobou vykazuje hodnoty kolem 190 až 200 k Ω . Hodnoty pod 50 k Ω se považují za kritické.

Přístroj je volně prodejný. Interpretaci výsledků silně ztěžuje závislost hodnot na ročním i denním cyklu (nasycení dřeva vodou). Přístroj je třeba před každým měřením kalibrovat na zdravém stromě stejného druhu a téže fyziologické kondice. Spolehlivou interpretaci výsledků je schopna provést jen malá skupina odborníků.

8.5.2 Vitamat

Při měření tímto přístrojem dochází k postupnému zatlačování dvou sond do dřeva, přičemž se měří elektrický odpor okolních pletiv. Tento přístroj byl odzkoušen na detekci infikovaných kmenů smrků tzv. červenou hnilobou (*Heterobasidion annosum*) v lesním hospodářství.

8.5.3 Odporová tomografie

Tato metoda byla publikována (WEIHS, 2001) jako výstup z činnosti pracovní skupiny Non-destructive Testing of Trees, založené v roce 1998 na vysoké škole Hildesheim (Holzminden) Göttingen. Spočívá v detekci změn v uměle vytvořeném elektrickém poli sledovaného profilu kmene. Do kmene (do kontaktu s dřevní částí, tedy cca do oblasti kambia) je zavedeno 24 sond, z nichž vždy střídavě dvě slouží k vysílání elektrických impulzů a dvě k jejich přijímání. K testování se používá střídavý proud nízkých frekvencí (cca 10 Hz). Vzhledem k druhově specifickým výsledkům a celé řadě faktorů, které měření ovlivňují (viz popis principu metody), je i tato metoda spíše ve fázi vědeckého výzkumu.

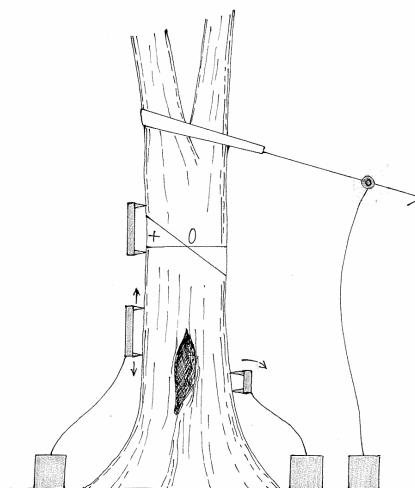


8.6 Tahové zkoušky (SIM)

Jedná se o metodu vyvinutou autory SINNEM a WESSOLLYM (1987, 1988, 1989) pro stanovení statických poměrů stromu jako celku. Publikována byla pod názvem *Static Integrated Method* (SIM). Tahová zkouška je technický postup pro určení provozní bezpečnosti stromu. Je založena na porovnávání pokusně zjištěné reakce stromu při určitém zatížení a možného zatížení. Sestává ze tří částí. Je to:

- zátěžová analýza,
- vlastní tahová zkouška,
- výpočet bezpečnosti stromu proti vyvrácení či zlomení.

Nejdříve je nutné zjistit základní dendrometrická data. Dále je pořizován snímek stromu, z něž se získává obrys pro vlastní analýzu zatížení, která je prováděna pomocí speciálního softwaru. Ze snímku je také zjištěna excentricita umístění těžiště stromu.



Obr. 32: Princip realizace tahové zkoušky.

Pro výpočet referenční hodnoty síly větru dosazujeme do Newtonovy rovnice (viz výše v textu hodnotu $117 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ($32 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) - tedy rychlost orkánu. Jelikož rychlost větru není konstantní v různých výškách, je zatížení vypočítáváno podle normy DIN 1055 a DIN 1056, podle Davenporta (DAVENPORT, 1961, in WESSOLLY, ERB, 1998). Vztah udává následující rovnice:

$$v(z) = v(g) \cdot [h(z) / h(g)]^\alpha$$

kde $v(z)$ je rychlost větru v dané výšce,
 $h(z), h(g)$ je výška, kde již rychlost větru není postižena vlastnostmi povrchu,
 α je empirická hodnota, popisující profil rozložení rychlostí větru¹².

Předchozí rovnice předpokládá laminární proudění vzduchu. Vliv nelaminárního proudění je zohledněn pomocí faktoru t_u , který nabývá hodnoty od 1,0 (volný prostor) do 1,4 (město; WESSOLLY, ERB, 1998)

$$v(z) = v(g) \cdot t_u \cdot [h(z) / h(g)]^\alpha$$

Postup měření je následující: kontura stromu je rozdělena na segmenty, v nichž je podle předchozích vztahů vypočítána odpovídající rychlost větru a z ní a z plochy segmentu pak vznikající síla. Jednotlivé vektory sil jsou následně přepočítány na jedinou výslednici, jejíž působíště se předpokládá v těžišti plochy.

Je vypočítán působící ohybový moment podle následujícího tvaru:

$$M_b = t_f \cdot c_w \cdot \frac{\rho}{2} \cdot h(z) \cdot A(hz) \cdot v(hz)^2$$

kde M_b je vznikající ohybový moment,
 t_f opravný faktor, závislý na hodnotě vlastní frekvence stromu.

Z těchto dat je vypočítána očekávaná deformace kmene stromu při zatížení větrem.

Druhá část zkoušky spočívá ve zjištění mechanického chování stromu. Strom je uměle zatížen a příslušná reakce je snímána. Při zkoušce je měřena jednak působící síla (dynamometr), jednak současně vznikající deformace (elastometr). Pro zjištění odolnosti proti vyvrácení je zjišťován zároveň náklon kmene (inklinometr).

Výsledkem je tedy zjištění deformace a náklonu kořenového talíře při známé síle.

¹² Ve volném prostoru $\alpha = 0,16$, ve městě je hodnota $\alpha = 0,23-0,28$ (WESSOLLY, ERB, 1998).



Ze známé deformace při známé síle se vypočítá deformace, vznikající při zatížení větrem ze zátěžové analýzy. Získané výsledky se porovnají s pevností kmene (z katalogizovaných hodnot pevnosti daného druhu a rozměrů kmene). Výsledkem je hodnota bezpečnosti (vyjádřená v procentech), která udává, kolikrát je strom naddimenzován oproti rozměrům potřebným k bezpečnému přenosu síly vznikající při zatížení vichřicí.

Obecně se jedná o jedinou z používaných metod, která se nezaměřuje na hodnocení stavu jednotlivých lokálních výsečí kmene, ale která stanovuje reakci stromu jako celku. Velkou výhodou je i skutečnost, že jako jediná z popsaných metod umožňuje zjistit stav kořenového systému včetně jeho poškození, např. výkopovou činností, rozkladem dřevokaznými houbami apod. Odečet hodnot probíhá kontinuálně, možnost nevratných plastických změn pletiv stromu v rámci měření je tedy vyloučena i při vysokém stupni napadení. Vzhledem k provedené analýze zátěže je možné následně nejen definovat stav stromu, ale i navrhnout zásahy nutné pro jeho zachování v případě nedostatečné statické odolnosti.

V posledních letech byla vyvinuta nová modernější varianta přístrojů pro realizaci tahové zkoušky na Ústavu nauky o dřevě Lesnické a dřevařské fakulty MZLU v Brně. Tyto přístroje umožňují již kontinuální odečet hodnot počítačem v intervalu 10x za sekundu – měření je tedy přesnější a je možné odhalit event. zdroje chyb (nápory větru, nekontinuální zatěžování apod.). Přístroje budou komerčně dostupné.

9. Ekologický význam

V posledních letech se pozornost při péči o stromy stále více upírá nejen na stromy samotné, ale i na další organizmy, které jsou na stromy ve svém životním cyklu bezprostředně vázány. Nutnost respektovat tyto ekologické vztahy byla popsána v prvním díle publikace v kapitole 6 a je nedílnou součástí i stávající legislativy.

Tento přístup ke stromům byl velkou měrou zpopularizován britskou organizací Ancient Tree Forum. Pro možnost akceptovat nejrůznější typy habitu, které stromy v procesu svého stárnutí vytvářejí, byla pro English Nature vytvořena metodika nazývaná *Specialist Survey Method* (SSM; FAY, DE BERKER, 1997). Tato metodika je využívána v několika stupních – jak pro sběr dat o zajímavých stromech zainteresovanou laickou veřejností, tak v plném rozsahu pro profesionální průzkumy populační dynamiky porostů starých stromů. Praktickým výstupem je sestavování individuálních plánů péče pro staré stromy a jejich porosty. Plný text s popisem metody SSM lze získat na stránkách English Nature.

Účelem průzkumů tohoto typu je primárně získat přehled o potenciálních místech, kde lze očekávat výskyt určitých organizmů, které jsou svým životním cyklem či jeho částí spojeny s předmětnými stromy. Přímé prokázání existence určitých organizmů je většinou značně problematické a vyžaduje několikaleté sledování. Průzkumy tohoto typu umožňují tato náročná sledování lokalizovat na místa, kde byl určitý typ habitu zjištěn v reprezentativním rozsahu.

Druhým, neméně podstatným účelem je získat podklad pro srovnávání hodnoty jednotlivých stanovišť z ekologického hlediska. Tato srovnávání probíhají nejen na úrovni národní, ale i mezinárodní.

9.1 Věková stadia stromů

V případě hodnocení ekologického významu dřevin zjišťujeme, že zvýšení ekologického potenciálu dřeviny může být způsobeno v zásadě dvěma faktory:

- přirozené stárnutí,
- uměle vyvolané poškození.

Proto se souběžně s uvedenými třídami fyziologického stáří používá další termín – *veterán* (*veteran tree*; READ, 2000). Jako strom-veterán může být označen pouze jedinec, spadající do stupně 6 podle stupnice fyziologického stáří. Pro případy, kdy výrazně poškozené stromy vykazují znaky veterána již před dosažením tohoto stadia, se užívá termín *předběžný veterán* (*early veteran*; READ, 2000). Do tohoto stupně je možné zařadit stromy z tříd fyziologického stáří 4 a 5 v případě, že vykazují alespoň čtyři znaky veterána ze seznamu hlavních dále popsaných habitů:

- odumřelé dřevo na stromě,
- odumřelé dřevo v okolí stromu,
- dutiny,

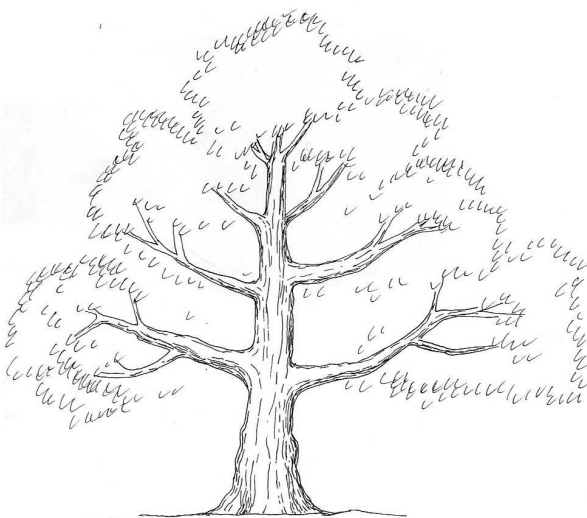
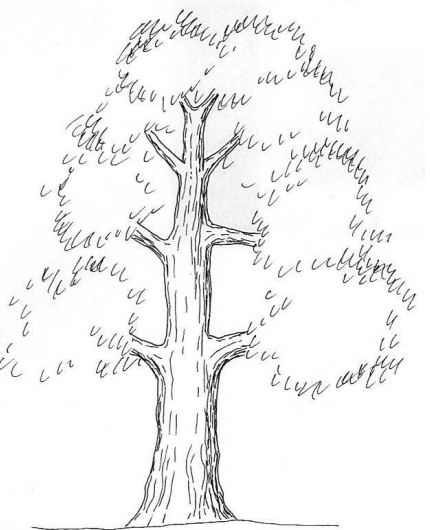


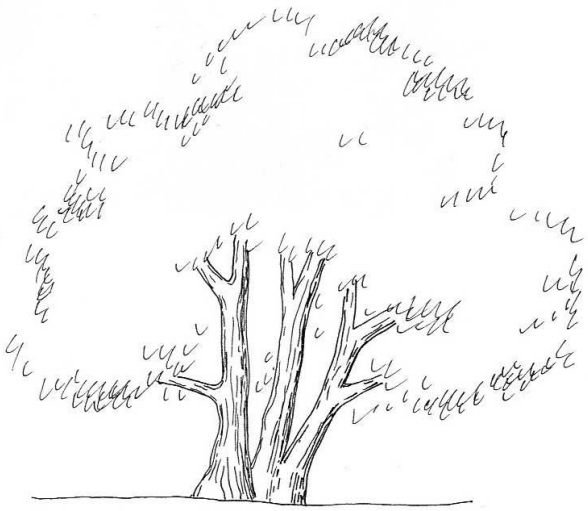
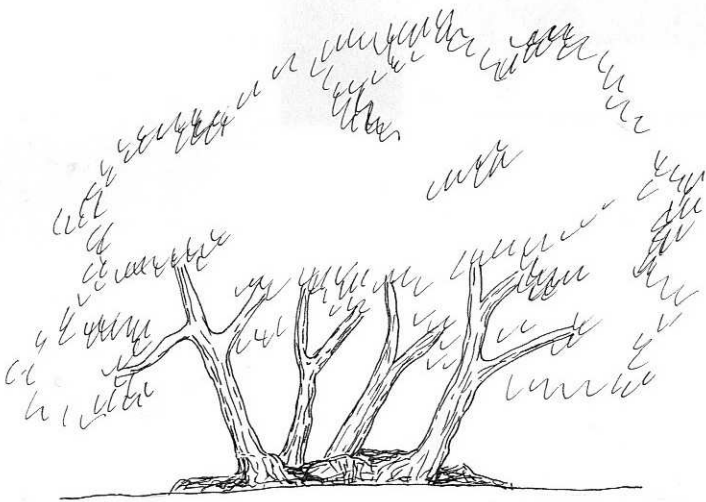
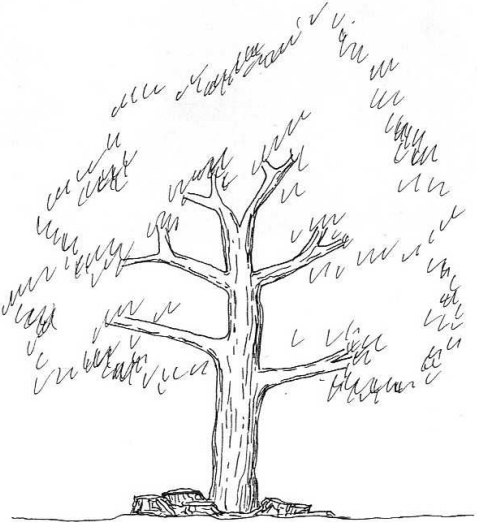
- extenzivní přítomnost hniloby,
- vytržené části větví,
- praskliny ve větvích,
- zatržené větve visící na stromě,
- husté obrosty na pahýlech.

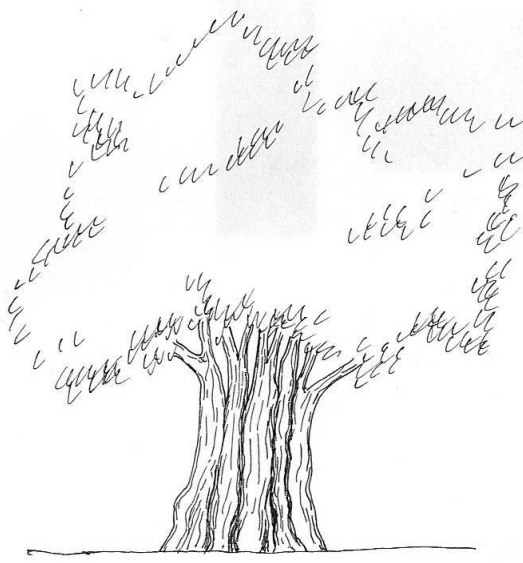
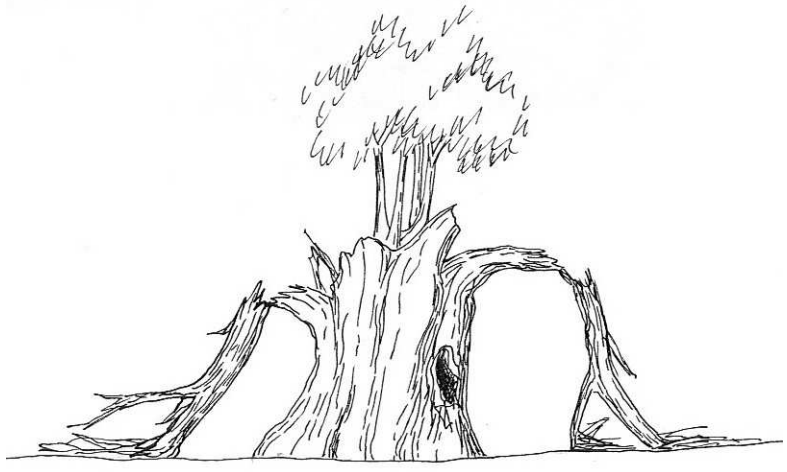
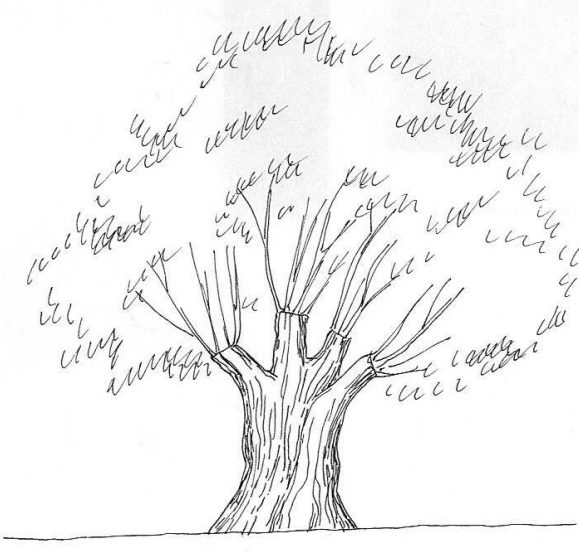
V případě, že strom lze zařadit do kategorie veterán nebo předběžný veterán, lze ho považovat za jedince významného z hlediska ekologických souvislostí daného stanoviště a je smysluplné realizovat následující kroky evidence habitů, které pro další organizmy poskytuje.

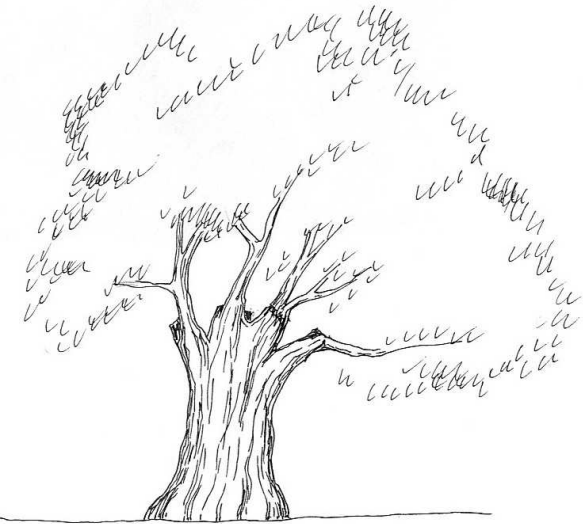

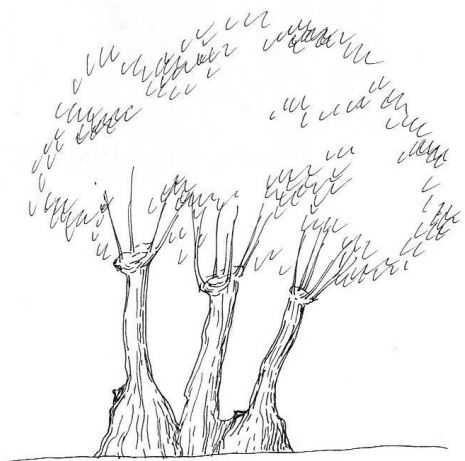
9.2 Tvar stromu


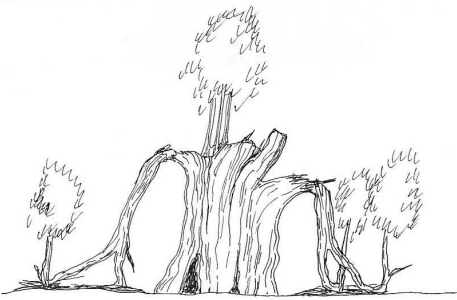
Tvar stromu se eviduje s ohledem na vznik hodnoceného jedince a na hlavní vlivy, které v průběhu jeho života formovaly tvar a typ jeho koruny.

<p>Strom s primární korunou (<i>maiden tree</i>)</p>	<p>Přirozeně rostoucí jedinec s korunou nemodifikovanou vnějšími zásahy.</p>	
<p>Ořezaný strom (<i>shredded tree</i>)</p>	<p>Strom s primární korunou, u něhož došlo k odřezání silných větví v blízkosti kmene ve většině objemu koruny.</p>	

<p>Vícekmenn (<i>mutistem</i>)</p>	<p>Strom s kmenem přirozeně děleným na několik slabších kmenů. Koruna si zachovává celistvý vzhled jednoho jedince.</p>	
<p>Pařezový výmladek (<i>coppice</i>)</p>	<p>Vícekmenn větvící se v blízkosti půdního povrchu, vzniklý jako následek pokácení primárního jedince.</p>	
<p>Vyselektovaný kmen (<i>stored stem</i>)</p>	<p>Jedinec, vzniklý z pařezového výmladku, následně vyselektovaný a ponechaný pro solitérní vzrůst.</p>	

<p>Svazková výsadba (<i>bunde planting</i>)</p>	<p>Výsev či výsadba více jedinců v těsné blízkosti, vedoucí ve vyšším věku ke srůstu kmenů a k vytvoření jednolitě koruny.</p>	
<p>Přirozeně redukovaný strom (<i>natural pollard</i>)</p>	<p>Jedinec s původně primární korunou, zčásti zregenerovanou po přirozeném rozpadu.</p>	
<p>Uměle redukovaný strom (<i>managed pollard / re-pollard</i>)</p>	<p>Původně primární koruna byla v minulosti sesazena až na úroveň kmene. Vznikající obrost sekundárních výhonů je v pravidelném intervalu odstraňován.</p>	

<p>Zanedbaný redukovaný strom (<i>lapsed pollard</i>)</p>	<p>Původně strom s redukovanou korunou, u kterého byla pravidelná redukce zanedbána. Větve výrazně nižšího průměru než pod nimi ležící kmen vyrůstají z jednoho místa.</p>	
<p>Zanedbaný redukovaný strom s vícevrstevnou korunou (<i>tiered lapsed pollard</i>)</p>	<p>Zanedbaný jedinec s původně redukovanou korunou, vyvíjející se v několika úrovních následkem přirozeného rozpadu či redukce jejích částí.</p>	
<p>Pařezový výmladek s redukovanou korunou (<i>coppard</i>)</p>	<p>Jedinec vzniklý z pařezového výmladku s následně pravidelně redukovanou korunou. Často vícekmenný.</p>	

Strom – Fénix (<i>Phoenix regeneration</i>)	Noví jedinci stromového vzrůstu vzniklí vegetativní cestou z rozpadlého mateřského stromu – buď po jeho celkovém kolapsu, nebo následkem zahřžení převisajících či rozpadlých větví.	
		

V případě evidence pařezů (jako zdrojů odumřelého dřeva) je dělíme do tří skupin:

- pařez do výšky 1 m,
- pařez po odlomeném kmeni do výšky 4 m,
- zbytek odlomeného kmene s výškou nad 4 m (bez struktury větví).

Z hlediska typu zakotvení stromu se rozlišují následující typy stromů:

- stojící víceméně vzpřímeně,
- nakloněné pod výrazným úhlem s kořenovým systémem pevně uchyceným,
- nakloněné s uvolněnou částí kořenového systému,
- vyvrácené, stojící pouze díky podpoře sousedním jedincem,
- zcela vyvrácené, kořenový systém částečně pod zemí,
- zcela vyvrácené, celý kořenový talíř je uvolněný,
- odlomený kmen či rozlámané kosterní větve stále setrvávající v kontaktu s hlavním kmenem.

Mezi známky definující vzhled hodnoceného stromu lze zařadit ještě následující evidované charakteristiky (plný výčet viz FAY, DE BERKER, 1997):

- rozsah živého obrostu koruny,
- fragmentace koruny,
- vývoj obrostu sekundárními výhony.

9.3 Typy habitu

Pro stanovení rozsahu a diverzity habitů, které sledovaný strom (event. dané stanoviště) poskytuje, se evidují počty a rozsah následujících charakteristik:

9.3.1 Stav borky

Eviduje se jednak přítomnost odchlíplých částí borky na kmeni a na kosterních větvích o velikosti větší než 30x30 cm. Přítomnost těchto jevů se eviduje podle jejich lokalizace (koruna, kmen, báze kmene). Kromě některých skupin bezobratlých jsou takováto místa dostatečně velká i pro dočasný úkryt netopýrů.



Dále se zachycuje počet a typ výtoků (mízotoků) patrných na povrchu kmene. Výtoky poskytují specializované životní prostředí pro některé druhy hmyzu a hub.

9.3.2 Stav větví

Eviduje se početně několik zásadních typů habitu vytvářených větvemi. Prvním z nich jsou podélné praskliny ve větvích (*split limbs*), které dosud drží na stromě. Tyto průběžné trhliny byly popsány jako jeden ze zásadních defektů provozní bezpečnosti. Z pohledu ekologických souvislostí ovšem vytvářejí zcela unikátní životní prostředí se speciálním vodním režimem. Přítomnost tohoto jevu se eviduje početně u větví s průměrem větším než 15 cm.

Dalším evidovaným prvkem jsou odtržené větve dosud visící na stromě (*tears*). Evidují se opět početně u větví s průměrem nad 15 cm.

Po úplném odtržení větve vzniká jizva (*scar*), která se postupně uzavírá kalusem. Tyto jizvy se opět evidují početně u větví s průměrem nad 15 cm. Plocha jizvy nesmí být extenzivně rozkládaná činností dřevokazných hub. V takovém případě se eviduje jako přítomnost hniloby.

9.3.3 Stav kmene

Prvním evidovaným prvkem je přítomnost dutin ve kmeni. Dutiny jsou evidované podle lokalizace (báze kmene, střed kmene, oblast kosterního větvení) a podle jejich rozsahu. V případě podrobných evidencí se eviduje počet otvorů s velikostí mezi 5 a 15 cm ve kmeni a v kosterních větvích.

Zaznamenává se počet míst, ve kterých dochází k dlouhodobé akumulaci vody (*water pockets*). Tato místa mají zcela specifický vodní režim a představují unikátní habitat pro řadu bezobratlých.

Eviduje se typ a přibližný rozsah hniloby, která je patrná v dutinách. V zásadě se eviduje přítomnost bílé hniloby, hnědé hniloby a zcela mineralizovaného dřevního materiálu ve formě černé, zemině podobné hmoty.

9.3.4 Odumřelé dřevo

Význam přítomnosti odumřelého dřeva v ekosystému je znám pro celou řadu souvisejících organismů (dřevní houby, hmyz, obratlovci; BUTTLER, CURRIE, KIRBY, 2002). Hodnocení kvality ekosystému pomocí kvantifikace odumřelého dřeva, které je zde přítomné, se užívá v řadě metodik.

Při inventarizacích ekologického významu stromů metodou SSM se množství odumřelého dřeva eviduje v tzv. *jednotkách*. Jedna jednotka zahrnuje délkový metr odumřelého dřeva s průměrem větším než 15 cm.

Odumřelé dřevo se eviduje jednak v koruně stromu, jednak uložené v okolí hodnoceného stromu. Jako odumřelé dřevo na zemi se počítají i větve zavěšené v koruně stromu, které ale již mají částečný kontakt se zemí – jsou opřené.

9.4 Důkazy existence doprovodných organismů

Současně jsou evidovány přímé důkazy o přítomnosti doprovodných organismů, přímo spojených s předmětným stromem. Jedná se především o přítomnost plodnic dřevních hub, trus netopýrů, dutin obývaných ptáky či obratlovci.

Nález se popisuje:

- typem organismu,
- lokalizací nálezů (výška na kmeni),
- datem nálezů.

Evidence doprovodných organismů vyžaduje dlouhodobé sledování a propojení získávaných dat s daty o stavu stromu. To je umožněno v rámci systému MyTrees, popsaného v samostatné kapitole.



10. Software a hardware pro inventarizaci stromů

Oblast výpočetní techniky a programového vybavení je oblastí dynamicky se vyvíjející. Jakýkoli pokus o popsání současných možností využití v oblasti inventarizace a hodnocení stavu stromů tedy automaticky okamžitě zastarává. Následující text je tedy třeba brát pouze jako základní přehled možností jednotlivých platforem, které v této oblasti lze využít.

10.1 Přístrojové vybavení

Základním způsobem sběru dat při inventarizacích stromů jsou metody ručního zápisu v terénu a následného přepisu dat na digitální médium. Tento postup, i když je z hlediska nákladů vynaložených na vybavení nejlevnější, má značná omezení. Nejdůležitějším omezením je výrazně ztížená práce při nepříznivém počasí. I s použitím speciálních vodovzdorných papírů či ochranných desek není možné celý den pracovat např. za deště. Druhým možným problémem je vznik chyb při přepisu dat. Nezanedbatelnou skutečností je zvyšování časové náročnosti pro záznam dat, která může u rozsáhlejších šetření úspěšnou a efektivní realizaci akce zcela znemožnit.

Využití diktafonů sice zlepšuje možnost sběru dat při nepříznivém počasí, ovšem dále zhoršuje kvalitu bezchybného přenosu dat na elektronické médium (zhoršená možnost kontroly). Navíc je pravidelným problémem při nemožnosti zpětné kontroly vynechání některého z hodnocených parametrů, což vyžaduje následný návrat na místo hodnocení a doplnění šetření o chybějící údaje.

10.1.1 Využití vysílaček

Způsobem, který do jisté míry řeší výše popsané problémy, je využití druhého pracovníka, který přímo zaznamenává do počítače údaje diktované hodnotitelem z terénu pomocí vysílačky. Pro tyto účely se využívají přenosné počítače napájené z autobaterie pro celodenní provoz. Pro spojení je možné využít buď starší typ přenosných vysílaček operujících na veřejném pásmu CB, nebo některou z profesionálních radiostanic. Vzhledem k možnostem rušení na veřejných pásmech je optimálním řešením využití profesionální radiostanice na zvláštním kanále. Variadou je i využití mobilních telefonů s aktivovanou službou PushToTalk.

I když tato varianta sběru dat umožňuje práci i za zhoršeného počasí a řeší přímý digitální záznam sbíraných dat, má několik problémů:

- Nutnost dvou pracovníků pro realizaci sběru dat. I když je možné využít pouze pomocnou pracovní sílu, osoba pracující s počítačem musí být seznámena s užíváním programového vybavení. Náklady na pracovníky se stále zvyšují a mohou významným způsobem ovlivnit kalkulaci projektu hodnocení.
- Omezený dosah vysílaček. Bez převaděčů mají vysílačky dosah v optimálních podmínkách cca 3 km. Ve členitém terénu se může dosah pohybovat pouze ve stovkách metrů. To může značným způsobem zkomplikovat obecné nasazení této metody.
- Pouhý sběr dat bez lokalizace. Tímto způsobem se řeší výhradně sběr dat o stavu stromů, nikoli jejich lokalizace. Tu je třeba realizovat stále s využitím papírových metod (tedy zakreslením lokalizace stromů do předtisknutých map). Tento problém odpadá v případech, kdy jsou stromy předem lokalizované.



10.1.2 Použití kapesních počítačů

Dostupnou a efektivní metodou, jak přímo sbírat data o stavu stromů na digitální médium, je využití kapesních počítačů. Pro sběr dat o stavu stromů se nejvíce osvědčily počítače bez klávesnice, ovládané pouze perem na dotykovém displeji. Podle používaného operačního systému jsou v současné době dostupné tři standardy těchto počítačů:

- Windows Mobile (PocketPC)
- Palm
- Symbian

Možnosti jednotlivých systémů se dosti blíží. Vzhledem ke skutečnosti, že počítače PocketPC nabízely dříve multimediální vybavení, je většina programů pro sběr dat napsána právě pro tuto platformu i přesto, že pro celodenní využití vyžadují baterie o vyšší kapacitě.

Pro tyto počítače jsou k dispozici ochranné obaly, které umožňují jejich využití i v prašném prostředí či za trvalého deště. Lze k nim připojit celou řadu periférií, které dále zefektivňují sběr dat. Jedná se především o :

- čtečky čárových kódů,
- přijímače signálu GPS,
- moduly GSM, umožňující připojení k internetu,
- kamery pro snímkování.

Vzhledem k ovládání počítače perem bez přítomnosti klávesnice je třeba tomuto postupu přizpůsobit i programové vybavení. Využívají se výhradně ikonky a rolovací seznamy bez nutnosti vpisování textu. Pro zaznamenání poznámek se využívá digitální diktafon, který je součástí všech počítačů tohoto typu, a připojení vzniklé poznámky přímo do zpracovávané databáze. Při přenosu na stolní počítač jsou tyto poznámky přímo kopírovány do multimediální sekce daného stromu.

Pro počítače typu PocketPC jsou k dispozici i programy umožňující provádět vektorizaci map a zaznamenávání lokalizace stromů – a to i s využitím přijímačů GPS a laserových dálkoměrů. Vzhledem k relativně nízkému výpočetnímu výkonu těchto počítačů je ovšem nutné používané mapy vždy konvertovat do speciálního formátu. Je třeba počítat vždy pouze s využíváním výřezů map pro urychlení práce. Značnou nevýhodou pro záznam tohoto typu dat je nevelký displej, který zhoršuje orientaci v mapě.

Nevýhodou pro vývoj programů pro tuto platformu je fakt, že se jedná o zvláštní systém a je proto nutný samostatný vývoj programu. Jakékoli úpravy metodiky tak musí být zařazeny do dvou různých programů, což zvyšuje finanční náročnost na vývoj softwaru.

10.1.3 Použití TabletPC

Nejnovějším typem počítačů, umožňujících sběr dat v terénu, jsou tzv. TabletPC. Jedná se o standardní počítače, ovládané výhradně perem. Klávesnici je možné připojit externě. Výhodou tohoto řešení je, že je možné při odpovídajícím výpočetním výkonu používat kompletní programové vybavení, zpracované pro stolní počítače. Je tedy možné v terénu zpracovávat jak mapy, tak realizovat sběr dat o stavu stromů.

Oproti notebookům je u TabletPC mírně omezen rozsah rozhraní pro připojení periférií. Hlavní dočasnou nevýhodou je absence COM portů, které je obtížné narádit adaptéry (USB či PCMCIA konvertory). Optimální metodou řešení tohoto problému je vybavení periferních zařízení vysílači signálu Bluetooth a řešení propojení přes toto rozhraní.

TabletPC jsou vybaveny ochrannými obaly pro práci v nepříznivém počasí. K dispozici jsou i modely speciálně upravené pro práci v terénu bez nutnosti využívání ochranných obalů. Čitelnost displejů je ovšem v současné době o poznání horší než je tomu u PocketPC. Při práci na přímém slunci je tak v některých případech obtížné docílit alespoň rámcové čitelnosti. Kvalita displejů se ovšem s každým modelem zlepšuje, takže lze očekávat, že i tento problém bude v brzké době vyřešen.



Obr. 33: Kapesní počítač Fujitsu-Siemens LOOX 720.

Nevýhodou tak zůstává relativně vysoká cena tohoto typu počítačů, která omezuje možnost vybavit jimi celý pracovní tým. V současné době proto zůstává optimální variantou kombinované využití PocketPC a TabletPC pro různé fáze sběru dat.

10.1.4 Periferie

Jak už bylo uvedeno, s různými typy počítačů je možné využívat různé typy periferních zařízení, které mohou zrychlit či zpřesnit sběr různých typů dat.

10.1.4.1 Čtečky čárových kódů

V předchozím textu bylo pojednáno o možnostech označování stromů štítky, obsahujícími kromě čísla stromu i jeho prezentaci ve formě čárového kódu. Čtečky čárových kódů připojené přes rozhraní Bluetooth, CompactFlash (v případě využití na PocketPC), event. přes rozhraní USB (v případě TabletPC), pak zrychlují a zpřesňují snímání čísel při provádění aktualizace dat, případně při využívání dat (např. při realizaci ošetření). Speciálně upravené softwarové řešení tak může po sejmutí čísla štítku přímo zobrazit např. pracovní operaci, kterou je třeba na daném stromě realizovat bez nutnosti zdlouhavého vyhledávání v databázi či v tištěných podkladech.

Čtečky čárových kódů jsou k dispozici ve dvou základních typech. Prvním, častějším typem, je laserová čtečka, kdy je třeba přes kód přejet laserovým paprskem (příp. „škrtnout“ přes něj perem). Čitelnost při použití tohoto typu je cca 30 až 50 cm v závislosti na modelu. V případě laserových per je nutný přímý kontakt se štítkem.

Druhým typem jsou snímací kamery, kdy dojde v podstatě k vyfocení štítku a k následné interpretaci získaného snímku. Tento typ čteček je přesnější, umožňuje čtení více zašpiněných či méně čitelných štítků a umožňuje práci na větší vzdálenosti. Pro praktické využití ovšem větší vzdálenosti než je 50 cm stejně připadají v úvahu pouze ve výjimečných případech.

10.1.4.2 Přijímače signálu GPS

Při lokalizaci stromů je možné využít v principu oba typy přijímačů – jak „turistické“ s přesností ± 10 m, tak i „geodetické“ s přesností ± 1 m. U méně přesných zařízení se propojení zpravidla realizuje přes rozhraní Bluetooth, CompactFlash, PCMCIA, event. SD. Většina v současné době dostupných zařízení s podmetrovou přesností realizuje tok dat přes COM port. Tento problém se většinou řeší buď převodníkem na USB port, nebo vysílačem signálu Bluetooth. První řešení je poměrně rizikové, protože při terénních pracích často dochází k zachycení kabelu a může tak dojít k vylomení USB konektoru a nevratnému poškození počítače.

V případě méně přesných přijímačů je možné získané souřadnice využít pouze k rámcové orientaci. I tak ovšem může tato informace značně urychlit orientaci na rozsáhlejších plochách či v areálech měst. Zde je možné využít i systém navigace, pokud ji používá software umožňuje.

U přesných zařízení, zachycujících i diferenční signál, je za ideálních podmínek možné počítat s přesností souřadnic pod ± 1 m. V takovém případě je možné tyto informace používat přímo k vektorizaci souřadnic stromů, příp. k jejich vyhledávání. Při práci s přesnými přijímači GPS je nutné počítat s přítomností několika rušivých vlivů:

- pod korunami stromů, zvláště v době vegetace, je signál poměrně silně rušený, může se proto stát, že nebude k dispozici diferenční signál a přesnost lokalizace tak významně klesne,
- v různých fázích dne je k dispozici různý počet satelitů s různým rozmístěním na obloze; může se tak stát, že v některém období nebude možné na daném místě zachytit signál dostatečného počtu satelitů pro provedení lokalizace,
- v případě členitého terénu, příp. práce mezi vysokou zástavbou, mohou nastat významné problémy při zachycení signálu od dostatečného počtu satelitů.

10.1.4.3 Trvalé připojení k internetu

Připojení k internetu lze v terénu realizovat v současné době nejnázem buď přes kartu GSM (protokol GPRS, EDGE, příp. vysokorychlostní připojení), nebo v městských aglomeracích na některých místech přes přípojný bod WiFi. Pro realizaci terénních šetření je možné počítat dosud jen s první variantou.



Zasílání dat přes internetovou aplikaci přímo na server významným způsobem zvyšuje bezpečnost dat a umožňuje on-line zpracování získaných údajů. Na druhou stranu se značně zvyšuje závislost na technologii, která může být v případě jejího výpadku limitující pro výsledek celého projektu. Připojení k internetu se proto využívá spíše pro jednorázové odeslání dat po jejich sběru.

10.1.4.4 Fotografická kamera

Modul kamery s použitelným rozlišením pro získání dokumentační fotografie (rozlišení alespoň 2 mil. pixelů) je v současné době již poměrně standardním vybavením mobilních telefonů. Podobné moduly začínají být aplikovány přímo do zařízení typu PocketPC a pro ostatní typy počítačů jsou k dispozici připojené většinou přes slot SD. Umožňují přímo do databáze zaznamenávat fotografický záznam stavu stromu a detailů z jeho okolí.

Otázkou zůstává, zda je jednodušší využití tohoto typu zařízení, nebo běžného digitálního fotoaparátu s následným připojením získaných fotografií. V současné době z hlediska kvality, rychlosti a pohodlí pořizování fotografií stále ještě převažuje varianta využívání externího digitálního fotoaparátu. Lze očekávat, že tento stav ještě jistou dobu potrvá.

10.2 Programové vybavení

Je velice obtížné provádět rozbor možností využívání různých typů disponibilních programů, aniž bychom na jedné straně nesuplovali uživatelský manuál a na druhé straně nebyli příliš triviální. Lze říci, že řada v současné době používaných softwarových produktů umožňuje na vysoké úrovni realizovat převedení veškerého typu sbíraných dat do digitální podoby, jejich analýzu a zpracování reprezentativních výstupů. Obecně lze používané programy rozdělit do dvou skupin – programy obecné a speciální systémy, vyvinuté přímo pro inventarizaci dřevin.

V následujícím textu budou rámcově probrány oblasti využití obecného programového vybavení a následně blíže rozebereme možnosti speciálních systémů, které jsou k dispozici pro využití v rámci ČR. Text není určen pro zkušené uživatele, které je třeba odkázat na uživatelské příručky ke konkrétním softwarovým produktům.

10.2.1 Textové procesory

Programy pro zpracování textu jsou asi základním typem softwaru, se kterým běžný uživatel přichází do styku. Současné produkty mají velice široké možnosti, zasahující nejen do správy textu, ale i do zpracování obrázků (zhotovení náčrtků, zpracování fotografií) a práce s tabulkovými výčty dat. Většinou umožňují i vložení objektů (např. tabulek s kalkulacemi), zpracovaných v jiných typech programů (v daném případě v tabulkových editorech).

Pomocí textového editoru je tedy možné vytvořit reprezentativní výstup a zpracovat i jednoduchou analýzu vč. grafického znázornění dat. Tyto možnosti lze ovšem smysluplně využít pouze pro relativně malé datové soubory (cca do 200 stromů). U větších souborů s nutností srovnávání hodnot, zpracování složitějších rozborů, kalkulací apod. jednoduché možnosti textových procesorů nestačují.

Značnou nevýhodou je nemožnost následného využití takto zaznamenaných dat pro srovnávání či analýzu ve spojení s dalšími projekty.

V našem prostředí jsou nejrozšířenějšími textovými procesory pro počítače, založené na systému Windows, programy MS Word a Open Office Write. Příponou vytvářených souborů je většinou .doc, výměnný formát pro využití v jiných systémech má příponu .rtf.

10.2.2 Tabulkové procesory

Jedná se o programy primárně vytvořené pro co nejjednodušší realizaci kalkulací a analýzy dat. I když je teoreticky rozsah databáze omezený, při stávajícím výpočetním výkonu se jedná o rozsahy, kterých lze při praktickém sběru dat pro účely arboristiky jen těžko dosáhnout.

Pomocí tabulkového procesoru je možné realizovat jak sběr dat (pomocí vytvořeného formuláře), tak i jejich následnou analýzu (a to i s využitím pokročilých statistických metod) a grafickou reprezentaci. Problémem nejsou ani jakékoli typy kalkulací.

Silným nástrojem jsou tzv. kontingenční tabulky, umožňující realizovat nejrůznější formy výběrů z rozsáhlých datových souborů podle zvolených parametrů. Je tak možné provádět jak kontroly, tak i analýzy dat.



Tabulkové procesory umožňují i přímé čtení databázových souborů v nejčastějších formátech. Oproti databázovým programům je práce s daty v tabulkových procesorech přehlednější a obecnější. Problémem může být:

- propojování dat z jiných projektů,
- využívání přednastavených analytických nástrojů pro další projekty,
- zhotovení sofistikovanějších výstupů (např. vč. multimediálních souborů),
- práce s rozsáhlejšími databázemi, zahrnujícími více projektů,
- nemožnost propojení dat s grafickými informacemi (digitální mapou).

Nejčastějším programem tohoto typu je MS Excel (přípona souborů je .xls). Obdobný typ práce jako tabulkové procesory nabízí i řada speciálních statistických programů. Většinou je v nich nabízen i import dat právě z Excelu.

10.2.3 Databázové programy

Databázové programy jsou softwarovými produkty přímo vyvinutými pro práci s rozsáhlými soubory dat v nejrůznějších formách (informace, multimedia, grafická data). Umožňují jak aplikaci nejrůznějších analytických a kontrolních výpočtů, vytváření komplexních formulářů pro vstup i reprezentaci dat, tak i propojení se systémem GIS.

Naprogramováním uživatelské databáze pro konkrétní využití se z „obecného softwaru“ stává software speciální. Podle úrovně a rozsahu aplikovaných metodických pomůcek a postupů tak lze vytvořit buď jednoduché jednorázové databáze pro využití na konkrétním projektu, nebo komplexní systémy, umožňující realizovat současně celou řadu analýz či výpočtů. Nalezení rovnováhy mezi těmito dvěma přístupy je obecně značným problémem vývoje softwaru pro sběr a zpracování dat.

V současné době jsou nejčastějšími typy obecných databázových programů MS Access (přípona souborů .mdb), MS FoxPro (.dbf), Borland Delphi (.db).

10.2.4 Systémy GIS

Primárně se jedná o programy zaměřené na získávání grafických informací – tedy v námi sledované oblasti programů pro mapování. Vzhledem k nutnosti připojovat k vektorizovaným objektům i různě rozsáhlý soubor informací jsou tyto obecné systémy vždy vybaveny určitým databázovým nástrojem, který umožňuje jak sběr, tak i následnou rámcovou analýzu obecné databáze.

Tato oblast je relativně rozsáhlá a komplikovaná. Proto se vymyká jednoduchému popisu a rozboru možností. Typ dat, se kterými se v těchto programech pracuje, byl popsán v předchozím textu.

Za zmínku stojí fakt, že v současné době jsou v našich podmínkách standardem systémy založené buď na datové bázi ArcInfo/ArcView (přípona .shp), nebo původně CAD systému MicroStation (přípona .dgn). Tuzemský systém představující standard např. v lesním hospodářství je Topol (přípona .blk). Pro náčrty jsou využívány programy typu CAD, především u staveb a objektů zpracovaných architektonickými kancelářemi (např. AutoCAD – přípona .dwg). U souborů tohoto typu nemusí být vždy odpovídajícím způsobem respektováno umístění objektů z hlediska souřadného systému. Pro převod dat mezi různými systémy se využívá převodní typ souborů s příponou .dxf.

10.2.5 Programy pro zpracování multimediálních souborů

Zpracování fotografií, event. hlasových poznámek, zachycených při terénních pracích, probíhá v některém z programů pro zpracování multimédií. Programy podobného typu jsou distribuovány s každým digitálním fotoaparátem, celá řada poměrně kvalitních programů je k dispozici jako shareware nebo freeware.

Při zpracování digitálních fotografií jde především o tři typy základních operací:

- změna orientace (tedy otočení nasnímaných fotografií),
- přejmenování snímků (např. pro následné automatické připojení do databázového programu),
- úprava kvality fotografií nasnímaných např. proti slunci, rozostřených apod.



Snímky z digitálních fotoaparátů jsou pořizovány v komprimovaném formátu .jpg. Při práci s těmito soubory a jejich úpravě je nutné si uvědomit, že při každém ukládání dochází ke ztrátové kompresi (snížení kvality obrazového souboru). Po několikanásobném ukládání tak může dojít ke vzniku šedých ploch – k nevratnému poškození souboru. Práce s nekomprimovanými obrazovými soubory se používá pouze ve výjimečných případech, protože velikost takovýchto souborů je řádově větší.

Hlasové poznámky jsou pořizovány buď v nekomprimovaném formátu .wav, nebo v komprimovaném .mp3. Zpracování v podstatě spočívá pouze v jejich přehrání (a event. přepisu), příp. v jejich připojení k databázovému záznamu, ke kterému se vztahují.

10.2.6 Oborový software

Oproti obecným programům nabízí speciálně vytvořený oborový software mnoho možností pro zefektivnění sběru, zpracování a reprezentace dat. Následující popis možností vychází z programu MyTrees.

10.2.6.1 Sběr dat

Sběr dat je možné realizovat všemi výše popsanými metodami. Při použití sběru dat na externí médium (záznam na papír a následný přepis) či při využívání komunikace pomocí vysílaček se využívá tzv. dávkové typování. Jedná se o speciální formulář s definovaným rozsahem sbíraných dat a s následným plněním vybraných charakteristik co nejefektivnějším způsobem (pouze při využití klávesnice bez nutnosti používání myši).

Při sběru dat tímto způsobem probíhá automatická kontrola rozsahu jednotlivých hodnot podle číselníků. Číselníky jsou seznamy povolených kódů pro jednotlivé databázové položky. Účelem číselníků není pouze kontrola chybných vstupů, ale i vysvětlení kódů pro běžného uživatele, který se tak nemusí učit význam jednotlivých používaných kódů. Číselníky současně obsahují doplňující informace, umožňující další zpracování získaných informací. Příkladem mohou být např. vlastnosti jednotlivých taxonů, následně využívané např. pro výpočet ekologické hodnoty stromů, event. propočet základní hodnoty stability metodou WLA.

Druhým typem vstupu je komunikace s PocketPC. Jak bylo již uvedeno, pro kapesní počítače tohoto typu je třeba zpracovat zvláštní typ programu. Podobný program musí především respektovat výhradní ovládání perem bez využití klávesnice.

Program na PocketPC ukládá data do databáze (většinou ve formátu .cdb), kterou je třeba při kopírování do stolního počítače konvertovat do formátu .mdb. Konverze probíhá automaticky při synchronizaci dat pomocí programu ActiveSync.

Následně je třeba sesynchronizovat databázi z PocketPC s hlavní databází. Při této synchronizaci dochází k několika operacím:

- přepis informací v hlavní databázi údaji z databáze PocketPC,
- připojení hlasových poznámek z PocketPC do sekce Multimédií v hlavní databázi,
- vytvoření protokolu se záznamem času a počtu pořízených digitálních fotografií.

Pro komunikaci s PocketPC tedy probíhají dvě operace. První je vytvoření databáze pro PocketPC jako vyselektované části databáze hlavní. Druhou je zpětná synchronizace dat po jejich aktualizaci.

Třetím typem sběru dat je přímý zápis v terénu do databáze. Tento způsob vstupu připadá v úvahu při použití TabletPC a může být kombinován se současným záznamem pozice stromu. Protože není nutné zvlášť vytvářet vstupní formulář, může být realizován sběr libovolně širokého spektra údajů.

Sběr geografických dat je možné realizovat buď přímým zakreslením do digitální mapy, nebo s využitím pomocných zařízení (přijímačů GPS). Vzhledem k tomu, že je nutné spolupracovat s různými systémy GIS, je vhodné využívat takový grafický systém, který umožňuje čtení co nejvíce standardních formátů map (jak rastrových, tak i vektorových).

V případě, že se jedná o systém, který bude fungovat nejen v rámci ČR, ale i v zahraničí, je nutné respektovat různé souřadnicové systémy, používané v Evropě.



Přímý záznam polohy stromů se provádí prostým zakreslením pozice dřeviny na místo, stanovené orientací v podložené mapě. Přesnost lokalizace podobného typu se podle kvality použité mapy může pohybovat kolem ± 5 až 10 m. Při použití GPS se přesnost podle použitého hardwaru pohybuje až kolem hranice ± 1 m. v takovém případě je možné evidovat i celou řadu dalších informací (nadmořskou výšku, čas ze satelitu, počet viditelných satelitů apod.).

10.2.6.2 Analýza dat

Využití a analýza dat probíhá na více úrovních. Nejjednodušší variantou je grafické znázornění dat pro umožnění srovnání a získání přehledu o rozložení hodnot zvolené charakteristiky. Zpracování grafů s rozložením hodnot je základní analytickou úlohou, kterou umožňuje vytvořit kterýkoli tabulkový či databázový program.

Základním praktickým výstupem je zpracování kalkulací. Vzhledem k tomu, že hlavním účelem většiny inventarizací stromů je návrh a realizace ošetření, je nutné zpracovat co nejsnáze rozpis navržených zásahů a umožnit co nejsnadnější správu informací z jejich realizace. Tento proces je řešen v rámci tzv. pracovních příkazů.

V průběhu definice pracovního příkazu dochází k výběru stromů, které budou v tomto kroku navrženy k ošetření. Tato definice může proběhnout buď pouze na základě umístění stromů (např. všechny stromy v parku apod.), nebo i na základě jejich stavu (všechny stromy s defekty provozní bezpečnosti, stromy, doporučené k bezpečnostnímu řezu, apod.). Tyto dva přístupy k vymezení zájmové skupiny stromů lze samozřejmě kombinovat.

Výsledkem prvního kroku je sestavení pracovního příkazu, obsahujícího všechny zásahy, které je třeba realizovat na vybrané skupině stromů. Tento příkaz je možné následně vytisknout či v elektronické podobě poslat realizačním firmám pro doplnění cen za provedení zásahů.

Ve druhém kroku pak probíhá postupné přebírání zadaných prací. Tento proces postupné kontroly provedených ošetření a znovu zadávání nedokončených ošetření je evidován a archivován u každého zásahu zvlášť.

Samozřejmostí je evidence cen za ošetření se zaznamenáváním změn v cenách zásahů, které vznikají při jejich realizaci (vícepráce) a následná archivace dokončených pracovních příkazů. Informace z pracovních příkazů jsou po jejich dokončení a archivaci přeneseny zpět do karty stromů a realizované zásahy jsou zapsány do historie stromu.

10.2.6.3 Doplnkové funkce

Jak vyplývá z předchozího textu, hodnocení stavu stromů může mít nejrůznější účely. Tomuto různorodému využití musí odpovídat i možnosti oborového softwaru.

Nejrozšířenější doplňkovou funkcí je možnost připojování multimediálních souborů ke kartě stromu. Většinou se jedná o fotodokumentaci – tedy o digitální fotografie celého stromu, příp. vybraných nalezených defektů. Současně lze ovšem připojovat i hlasové poznámky (pořízené např. v terénu při používání PPC), textové dokumenty, tabulkové kalkulace apod. Výbornou pomůckou při připojování souborů tohoto typu je možnost jejich automatizovaného připojení – většinou podle standardního názvu. V rámci programu Viridis je používána následující konvence:

X-Popis souboru.extenze

- X - číslo stromu, k němuž je třeba soubor připojit,
- Popis souboru - text, který se následně nakopíruje do popisu,
- extenze- přípona souboru, definující jeho typ.

Dalšími doplňkovými funkcemi jsou např.:

- automatický výpočet ekologické hodnoty stromu, event. jeho ocenění podle vyhlášky o oceňování staveb,
- výpočet základní hodnoty stability stromu podle metody SIA,
- možnost evidence doprovodných organismů, žijících na stromě a v jeho okolí,
- evidence výskytu dřevokazných hub,
- modul Dendrologie pro snazší determinaci druhů a kultivarů.



10.2.6.4 Správa dat

Databáze tohoto typu jsou používány pro správu cenných informací na poměrně dlouhé časové úseky. Značnou pozornost je proto nutné věnovat i správě databáze ve formě průběžné kontroly její integrity a umožnění její archivace, plošných úprav apod. Část těchto operací probíhá na pozadí bez nutnosti zásahu uživatele, část je jím přímo řízena.

11. Choroby a škůdci dřevin

Volně rostoucí dřeviny spolu s lesními porosty představují stabilní prvek kulturní krajiny. Významným fenoménem je její dlouhověkost, kontinuita a nezávislost, resp. minimální závislost na energetických vstupech člověka. A to i v případě dřevin ve městech, které jsou sice na jedné straně plně závislé na člověku, na druhé straně jsou v porovnání se zemědělskými agrocecnózami zásahy člověka minimální, přestože je jim věnována základní arboristická péče.

Každý organismus je soustavně atakován organismy, vesměs parazitickými, pro které představuje nutriční a tedy i energetický zdroj. Naopak živé organismy disponují za normálních fyziologických podmínek takovými mechanismy, které jsou schopny tento útok zvládat. Obranné reakce představují pro rostlinu významnou energetickou zátěž. Je odhadováno, že zhruba třetina až dvě třetiny hrubé primární produkce jsou spotřebovány právě k těmto účelům. Z tohoto hlediska může být dlouhodobě úspěšná pouze „zdravá“ rostlina disponující dostatečnými energetickými zdroji, které odpovídají optimálnímu průběhu fyziologických procesů. „Zdraví“ je tak definováno jako optimální průběh fyziologických procesů živých systémů, který umožňuje plně využít genetický potenciál rostliny. Naopak choroba je chápána jako škodlivá změna živých systémů v jednom nebo více řízených procesech využívání energie, způsobená stálým drážděním příčinným faktorem nebo faktory. Jako choroba jsou chápány všechny odchylky od normálních funkcí, které mají za následek nedostatečnou výkonnost rostliny nebo sníženou schopnost přežít a udržet svou niku.

Člověk pěstuje řadu rostlin, včetně okrasných a parkových dřevin, mimo kontext jejich přirozeného prostředí, případně je vystavuje působení řady stresových faktorů jako jsou imise, změny vodního i větrného režimu krajiny včetně urbánního prostředí sídel, tvarování kmene a korun apod. Daní je nestabilita takových mikroekosystémů, případně obrovské náklady na intervence, včetně nápravy škod v krajině.

Zvláště v posledních letech je možné pozorovat akceleraci nových projevů chřadnutí dřevin na celém území ČR. Zatímco dříve bylo možné chřadnutí relativně jednoduše vysvětlit přítomností tzv. škůdců, u nových projevů chřadnutí se obtížně hledá predispoziční, iniciační i mortalitní stresor. Převažuje těžko definovatelné synergické působení komplexu faktorů než vliv jediného agens. Spolu s tím se zákonitě mění i celé pojetí ochrany dřevin. Ta se ve své klasické podobě zaměřovala na výskyt a působení tzv. škodlivých činitelů. V současnosti musí vysvětlovat příčiny chřadnutí na základě komplexní syntézy údajů ze všech příbuzných disciplín, především pak fyziologie rostlin, biochemie, bioklimatologie, pedologie, geochemie apod.

Pojem chřadnutí (anglický ekvivalent *decline*, francouzský *déperissement*) je vysvětlován jako důsledek působení predispozičních, iniciačních a mortalitních stresorů, vyvolávajících permanentní zátěž, která vede ke zvýšené predispozici rostlin, resp. dřevin, a snížené schopnosti odolávat dalším stresovým faktorům (MANION, 1981, MRKVA, 1993).

Současný zdravotní stav dřevin je možné přičíst pouze částečně znečištění prostředí. Významnou roli predispozičních stresorů lze přičítat klimatickým extrémům, stále častějším v posledních letech. Biotičtí škůdci se tak stávají součástí komplexu chřadnutí. Jejich roli je nutné posuzovat v celém komplexu patogeneze. V souvislosti s predikovanými klimatickými změnami je vhodné zmínit aktivizaci některých skupin škůdců, především pak savého hmyzu – mšic, korovnic i roztočů. Posátá pletiva nekrotizují a dochází k rozvoji sekundárních houbových infekcí, které mohou působit jako zdánlivý mortalitní stresor.



Významné změny v ekosystému, ať již antropogenním či přírodním, může vyvolat zavlečení patogena z jiné geografické oblasti. Dějiny lidstva jsou plné těchto příkladů. Zavlečení, resp. nezvládnutí některého škůdce, bylo v historii spjato s epizodami hladomoru či dokonce zániku místních civilizací. Dvacáté století pak tyto větší či menší epidemie akcelerovalo globalizací ve všech oblastech lidské činnosti. Dobře vystihuje podstatu tohoto jevu tzv. princip náhlého patogena (ODUM, 1971). Tento děj je vyvolán náhlým nebo rychlým zavlečením organismu s vysokou vnitřní rychlostí růstu do ekosystému, kde jsou adaptivní organismy pro jeho zbrzdění slabé nebo chybí. V případě zavlečeného patogena dochází k náhlým interakcím, kdy nespecifické obranné mechanismy nejsou vůči patogenu účinné a případné další adaptivní mechanismy k jeho zbrzdění zcela chybí, nebo jsou slabé. Stejný efekt však může být vyvolán náhlými nebo stresovými změnami prostředí.

První fenomén je charakteristický pro zavlečené choroby, jakými jsou v lesnictví např. grafioza jilmů *Ophiostoma ulmi*, resp. *Ophiostoma novo-ulmi*, rakovina kůry kaštanovníku *Cryphonectria parasitica* aj. Druhý případ je charakteristický pro lesní ekosystémy pod silným antropogenním i environmentálním tlakem, kdy se mohou objevovat jako tzv. překvapiví škůdci nebo choroby rovněž organismy doposud chápáné jako neškodní saprofyti, resp. příležitostní paraziti. K takto postiženým ekosystémům patří bezesporu i horské smrčiny v hraničních pohořích České republiky. Náleží sem i produkční smrkové porosty založené na okraji jejich ekologického optima v nižších a středních polohách. Limitujícím faktorem je zde především nedostatek vody a vysoký výpar v letních měsících. Na kořenech takto stresovaných smrků se pak masově šíří václavky, ačkoli na dřevinách přirozené dřevinné skladby nepůsobí za stejných podmínek významné problémy. Jde především o reakci na zásadní snížení fyziologické stability hostitelské dřeviny.

Uplynulé dvacáté století představovalo obrovskou změnu jak z hlediska techniky a technologií, tak i z hlediska vratných i nevratných změn evropské krajiny. S ohledem na prognózované globální klimatické změny je možné ve střední Evropě očekávat další zvyšování nestability dřevinné vegetace, především z důvodu působení abiotických stresových faktorů. Zvýší se rovněž riziko zavlečení řady chorob a škůdců, jejichž šíření bránila především klimatická bariéra.

V rámci péče o dřeviny je zásadním momentem zvládnutí stresových stavů, včetně přesné identifikace stresových faktorů a úlohy biotických agens, který tento stav doprovázejí. Stejně jako ostatní organismy, jsou dřeviny v krajině a především v sídlech vystaveny zvyšující se stresové zátěži, dané civilizačním tlakem a změněnými podmínkami prostředí. Úlohou ochrany dřevin v arboristice je pak dopad těchto stresorů minimalizovat s cílem maximálně prodloužit životnost stromů, snížit rizika statického selhání a předcházet kalamitním situacím.

11.1 Základy stresové ekologie – dřevina a stres

11.1.1 Dynamická rovnováha živých systémů

Živé organismy vykazují spontánní snahu k uchování dynamické rovnováhy, která vychází z přirozené snahy udržet se co nejdéle naživu a realizovat své základní životní cíle. Projevy této tendence nazval CANNON (1932) **homeostázou**. Homeostáza je soubor principů, vedoucích v živých systémech (na základě získaných informací) ke kompenzování odchylek vnějšího prostředí, a tím k dynamické rovnováze vnitřního prostředí. V původním významu byla homeostáza používána pro souhrn přesně definovaných procesů na úrovni buněk, tkání, orgánů či organismu. Později byla koncepce homeostázy rozšířena i na velké ekosystémy a krajinu. ODUM (1977) homeostázu definuje jako souhrn oběhu látek a energií, která se sama udržuje a nevyžaduje vnější zásah či popud. Homeostáza není chápána jako statická stabilita, podmínky mohou kolísat, ale zůstávají relativně (v delším časovém měřítku) konstantní. Ke změnám tedy dochází, ale systém se po čase vrací do původního stavu.

Ve více strukturovaných živých systémech je stabilita zajištěna spíše mechanismy, udržujícími dosavadní směr vývoje, než procesy, zajišťujícími návrat k původnímu stavu. Pro tento typ dynamické rovnováhy zavedl WADDINGTON (1977) pojem **homeorhéza**. Homeorhéza je taková rovnováha, kdy při vychýlení systému z optima nedochází k návratům v prostoru a čase, ale pouze ke kompenzačním udržujícím trajektorii daného progresivního pohybu.



11.2 Stres a odolnost

11.2.1 Koncepce stresu v biologii

Byla-li definována dynamická rovnováha ekosystému, logicky nás budou zajímat vnější podněty, které svou intenzitou a charakterem působení narušují rovnováhu a vedou ke změnám přesahujícím obvyklé rozpětí homeostázy. Cannonův pokračovatel Hans SELYE (1966) ve své teorii „obecného adaptačního syndromu“ označil odezvu organismu na tento typ vnějšího tlaku pojmem **stres**. Stres je v Selyeho pojetí souborem nespecifických reakcí organismu na jakýkoliv tlak na něj kladený. Faktory (vnitřní, vnější), které stres vyvolávají, se potom nazývají **stresory**. **Odolnost (rezistence)** je v Selyeho pojetí schopností odolávat působení stresorů s relativně malou odezvou při zachování schopnosti systému vrátit se do původního stavu, nebo stavu jemu blízkému.

11.2.2 Rozdělení stresu z hlediska druhu působení stresu na rostliny

Vnější faktory působící na rostliny nemusí nutně vyvolávat stres s negativními důsledky pro zdraví dřeviny. Mírný stres do určité úrovně intenzity (nepřekračující adaptační schopnosti rostliny) může pozitivně aktivovat buněčný metabolismus a tak stimulovat fyziologickou aktivitu rostlin. Tento typ stresu nezpůsobuje poškození, i když působí dlouhodobě. LICHTENTHALER (1995) ho označil pojmem **eu-stres** a definuje ho jako aktivační či stimulační stres, který má pozitivní účinek na vývoj či přežití rostlin.

Naproti tomu **dis-stres** je stres způsobující poškození. Má negativní vliv na vývoj a přežití rostlin v daném prostředí. V reálných podmínkách nastupuje dis-stres v případě, že stresor překročí určitou prahovou hodnotu, kterou rostliny nejsou schopny kompenzovat svým vnitřním reparačním mechanismem. Relativní pozice prahové hodnoty závisí:

- na druhu rostliny,
- na typu stresoru,
- na predispozici rostliny (růstové podmínky, vitalita dřeviny, viz níže).

11.2.3 Rozdělení stresu podle prostorové a časové dimenze působení

Podle úrovně a časového rámce působení stresu na dřevinu lze uvažovat o jeho odezvách na těchto úrovních:

- na úrovni organely a aktivity jejích enzymů – změny, které stačí ovlivnit funkci organely, se mohou odehrávat ve zlomcích sekund,
- na úrovni buňky či pletiva – reakce se projeví řádově po hodinách až týdnech,
- na úrovni individua – efekt se projeví po delším časovém období, řádově po roce (vegetačním období),
- na úrovni společenstva – pomalu se projevující dlouhodobý efekt,
- na úrovni ekosystému – sledovatelné často až po desítkách či stovkách let.

11.2.4 Odolnost

Odolnost dřevin vůči působení vnějších faktorů má dvě složky:

- přirozené vnitřní vlastnosti organismu zabraňující vzniku deformace,
- reparační (opravný) systém, odstraňující deformace.

V Levittově pojetí lze odolnost (rezistenci) rozdělit na:

- vyhýbání se stresu, kdy se působení stresu zmírňuje zamezením pronikání negativního faktoru do rostlinného pletiva a rostlina vytváří morfologické, fyzikální, chemické či metabolické bariéry,
- toleranci, kdy ke zmírnění stresu dochází pomocí specifických reparačních mechanismů.



Pojem **rezistence** se používá buď jako obecný pojem pro jakoukoliv odolnost, nebo tam, kde je odolnost chápána jako schopnost odolávat změně. Pokud jde o odolnost, která zajišťuje návrat do „normálu“ po skončení působení rušivého faktoru, používá se častěji pojem **rezilience** (HOLLING, 1977). Rezistence je tedy statická odolnost, schopnost rostliny uchovávat si struktury a funkce při působení stresoru do určité úrovně poškození. Rezilience (pružnost) je schopností vracet se do původního stavu. Rezilientní systém může měnit své struktury a funkce již při relativně malé úrovni působení stresoru, zachovává si ovšem schopnost návratu do původního stavu.

V literatuře se můžeme setkat také s pojmem **pasivní rezistence (axénie)**, která je chápána jako odolnost morfologicky, anatomicky či fyziologicky podmíněná.

11.2.5 Dispozice dřeviny

Odolnost dřevin vůči působení stresorů závisí kromě vlastní intenzity působení faktoru také na dispozici dřeviny. Dispozice dřeviny je vnímavostí vůči stresorům, způsobujícím chorobu či poškození (SCHWERDTFEGER, 1970). Ten dispozici dále rozděluje na **normální dispozici**, která je vlastní každému druhu, ekotypu, vývojovému stadiu atd., a **abnormální dispozici**, danou nepříznivými stanovištními podmínkami. Odolnost je v jeho pojetí opakem dispozice.

SZUJECKI (1980) rozlišuje **dispozici** jako náchylnost dřevin na chorobu a **predispozici** jako přechodnou, získanou náchylnost dřeviny, vyvolanou vnějšími vlivy.

Podle povahy vlastností podmiňujících dispozici lze dispozici podle STOLINY (1985) rozdělit na:

- geneticky podmíněnou – na úrovni druhů, poddruhů atd.,
- ontogeneticky podmíněnou – náchylnost typická pro určitou růstovou fázi či vývojové stadium,
- danou prostředím a dalšími faktory – většinou jako umocnění geneticky a ontogeneticky podmíněné dispozice.

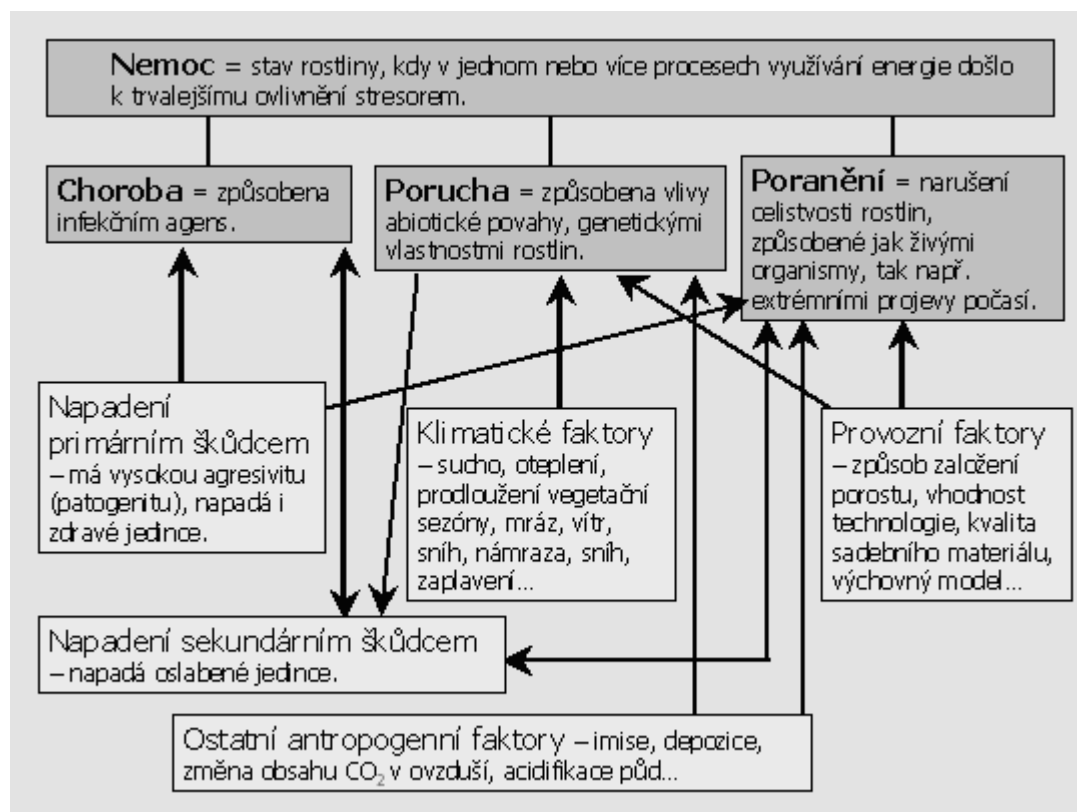
Dispozice porostů přitom závisí na:

- stanovištní vhodnosti jednotlivých dřevin;
- podílu nejvíce zranitelného vývojového stadia,
- intenzitě a frekvenci působení stresových faktorů.

11.2.6 Nemoc

Zdraví lze definovat jako homeostatický stav, kdy se dřevina – podle své geneticky fixované ekologické valence (přirozené odolnosti) a s ohledem na svoji vitalitu, danou především věkem – vyrovnává s působením vnějších nepříznivých vlivů. Pokud je tento stav porušen, dochází k pozorovatelné odezvě, která byla v tradiční ochraně dřevin popisována především symptomy a identifikovaným škodlivým činitelem. V současné době, kdy je celá řada případů chřadnutí způsobena synergickým působením více faktorů, je tento přístup nevyhovující, protože potřebujeme objektivně reflektovat zdravotní stav i bez přesné znalosti jeho příčin. V ochraně dřevin se tak v reakci na tyto typy chřadnutí ukázalo jako velmi užitečné přijmout novou koncepci nemoci (MRKVA, 1993). **Nemoc** se podle tohoto pojetí chápe jako stav rostliny, kdy v jednom nebo více procesech využívání energie došlo k trvalejšímu dráždění (iritaci) příčinným faktorem (stresorem). Nemoci lze rámcově rozdělit na choroby a poškození.





Obr. 34: Choroba, poranění a jejich příčiny (MRKVA, 1993)

11.2.7 Choroba

Pojetí choroby se v ochraně dřevin vyvíjí. NEGER (1924) definoval chorobu jako odchylku od normálních fyziologických procesů, v jeho pojetí tedy pojmy nemoci a choroby splývají. GÄUMANN (1946) chorobu charakterizoval obsáhleji jako dlouhotrvající patofyziologický proces, způsobený vnějšími vlivy, který vyvolává podstatné strukturální změny v buňkách, pletivech, orgánech, případně v celém organismu rostliny. Podobným způsobem chorobu definuje také NEČAS (1972), podle něhož je poruchou organismu v jeho normálních fyziologických funkcích, vzniklou buď vlivem nepříznivých činitelů, anebo vyvolanou primární dysfunkcí některých orgánů či systémů samotného organismu. V MRKVOVÉ (1993) koncepci nemoci rostlin je choroba chápána v užším vymezení jako stav rostliny, kdy došlo k trvalejšímu, pozorovatelnému ovlivnění vnitřních procesů či stavu rostliny vlivem působení patogenního organismu (infekčního agens).

11.2.8 Poškození

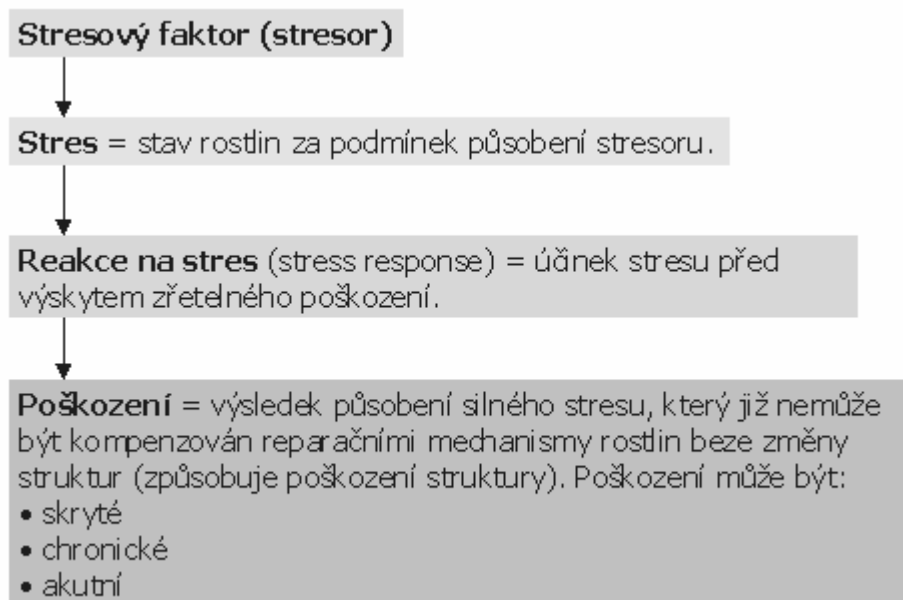
Poškození dřeviny je v již zmiňovaném pojetí definováno jako dysfunkce postiženého orgánu, kdy neprobíhají pro chorobu typické dlouhotrvající patologické procesy. Poškození vzniká vlivem rušivého působení klimatických faktorů, žírem hmyzu či působením jiných nepatogenních stresorů. Poškození lze ještě dále dělit na poruchy a poranění.

Z hlediska ochrany lesa je poškození stromu vnímáno jako jakákoliv fyziologická porucha, důsledkem které je zhoršení vývoje stromu, produkce dřevní hmoty anebo snížení její kvality (PFEFFER, 1961). Jde tedy nejen o vlastní disbalanci, ale i o nežádoucí změnu morfologických a anatomických vlastností, kdy klesá jeho funkční způsobilost a upotřebitelnost.



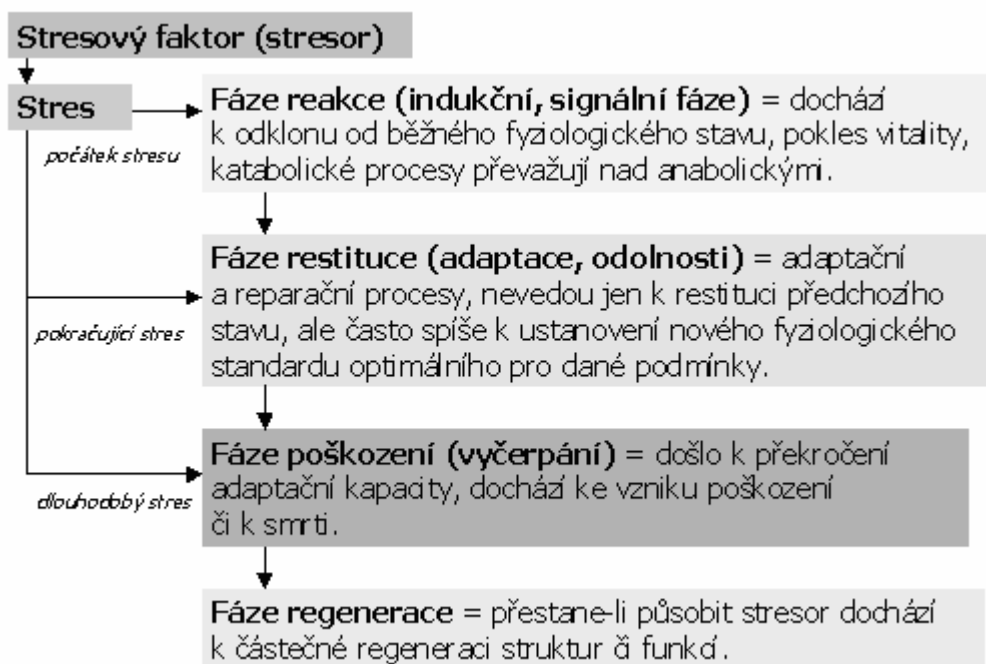
11.3 Koncepce stresu u dřevin a její aplikace

V další částech této kapitoly nás bude zajímat působení stresorů, které mohou vyvolat poškození. Působení škodlivých činitelů vyvolávajících choroby bude předmětem kapitol věnovaných fytopatologii a entomologii. Vyjdeme-li ze Selyeho koncepce stresu, vyvolává stresový faktor stres, na který dřevina reaguje a snaží se jeho působení vyrovnat běžnými adaptačními mechanismy. Pokud však působení stresorů překročí určitou úroveň či délku expozice, dochází k poškození rostliny.



11.3.1 Vznik poškození jako důsledku reakce na stresovou zátěž.

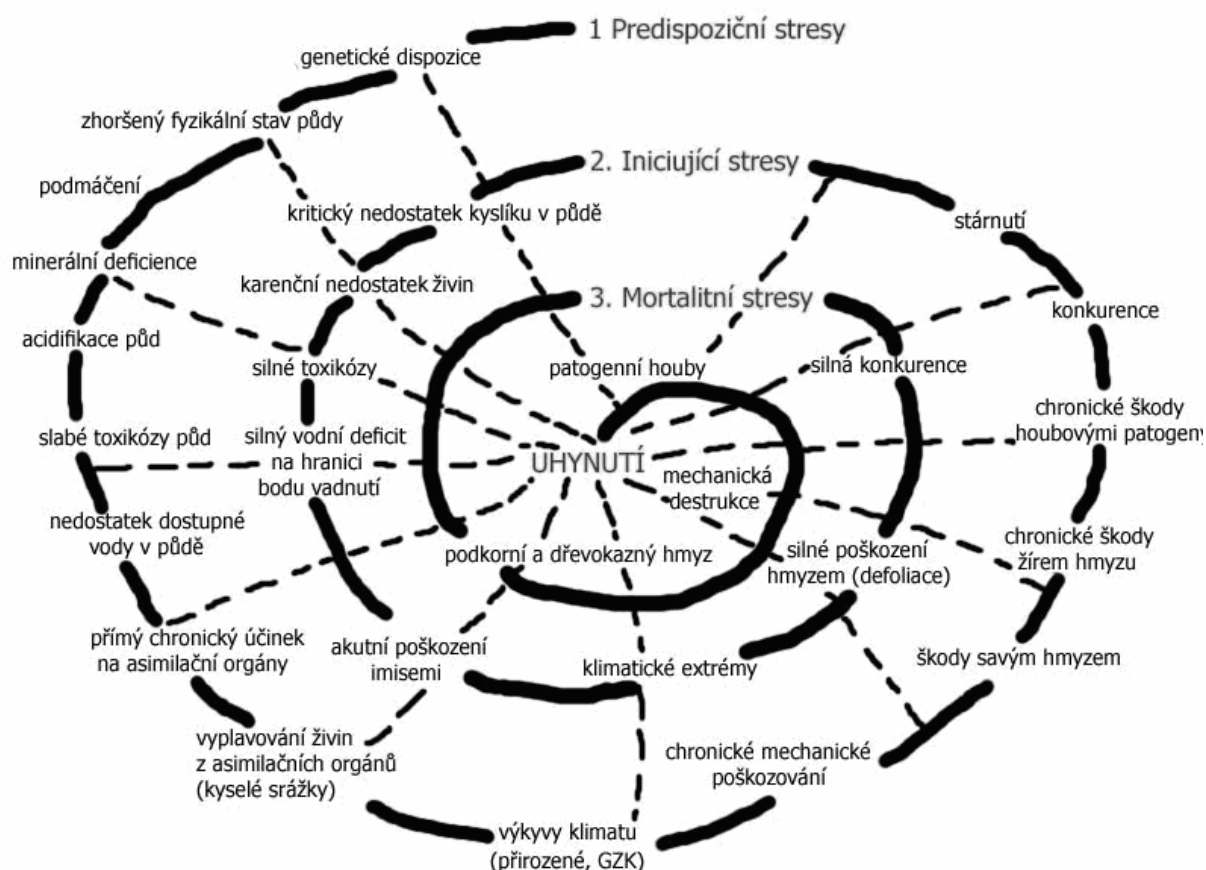
Reakce dřeviny na stres lze rozdělit na několik specifických fází – v literatuře lze objevit jejich různé označení, sled, a podstata jevů, odehrávajících se v rostlině ovšem zůstává (Obrázek 156). Průběh reakcí stromu v různých scénářích působení stresu podle CUDLINA ET AL. (2001) ukazuje následující obrázek.



Reakce dřeviny na stres (fáze působení stresu).



Složitě vazby a vztahy, které se v rostlině podílejí na jejím celkovém zdravotním stavu a rozhodují také o dopadech stresu, lze jen obtížně komplexně postihnout. Jednou z možností je použití modelu **spirály chřadnutí** (MANION, 1981) za využití již výše zmíněných poznatků z teorie stresu (LEVITT, 1980; MÍCHAL, 1992; MRKVA, 1993, 2000, atd.). Pro lepší pochopení příčin nastartování a možného průběhu nemoci byla spirála doplněna konkrétními působícími stresory, řazenými ve třech úrovních intenzity působení – predispoziční, startující a mortalitní. Při zvažování možných vlivů a hodnocení závažnosti jednotlivých stresorů, které jsou vyznačeny na obvodu spirály chřadnutí, je potom třeba uplatnit vše, co již víme o strategii rezistence rostlin.



Obr. 35: Spirála chřadnutí dřevin podle MANIONA (1981, upraveno MRKVA, ČERMÁK, 2004)

11.3.2 Narušení funkčního vztahu mezi korunou stromu a kořeny jako projev stresové zátěže

Dřeviny jsou komplikovaným systémem fungujícím díky vyváženému vztahu mezi korunou a kořeny. Koruna produkuje asimiláty, které zajišťují nejen výživu a růst všech orgánů včetně kořenů, ale jsou také podstatné pro tvorbu alelopatických látek (např. alkaloidů, fenolů, látek podobných hormonům hmyzu apod.), tj. pro funkci obranného systému rostliny. Produkty asimilace jsou ukládány do zásoby a vytvářejí tak určitý rezervní fond rostliny. Nedostatek asimilátů logicky snižuje obranné reakce rostlin, zpomaluje růst a negativně ovlivňuje revitalizaci nadzemní části stromu. Kořeny zajišťují rostlině příjem vody a živin potřebných k asimilaci.

V současné době se objevuje celá řada případů chřadnutí či odumírání dřevin, kde je podstatným důvodem zhoršení fyziologické vitality, především narušením funkčního vztahu koruna – kořeny. Výsledné odumírání stromu potom může být realizováno poměrně rychle, často některými biotickými činiteli jako jsou kůrovci na smrku a borovici, václavka na smrku či některé z drobných hub (viz další kapitoly). Obecně lze říci, že se nadzemní část stromu musí přizpůsobit takovému množství vody, které je kořenový systém schopen dodat. Existuje celá řada adaptací na nedostatek dostupné vody, tyto adaptace jsou však možné a účinné pouze tehdy, pokud nejsou kořenové systémy závažně a trvale poškozeny.



Poškození kořenů může být vyvoláno celou řadou stresorů: nevhodnými stanovištními podmínkami, klimatickými extrémy (zejména opakované přísušky či naopak zaplavení lokality), nevhodnou technologií výsadby či nevhodným sadebním materiálem, mechanickým poškozením (a případným následným atakem parazitickými houbami), acidifikací půd či poruchami minerální výživy.

11.3.3 Přirozené abiotické a biotické stresory

Za nejvýznamnější přirozené abiotické a biotické stresory lze považovat:

- vysoké hodnoty záření (fotoinhibice = zpomalení či zastavení fotochemické složky fotosyntetické asimilace, opravitelný proces; fotooxidace = nevratné vybělení pigmentů, trvalé poškození),
- teplo (extrémně vysoké teploty),
- chlad (výrazné mrazy, náhlé mrazy, předčasné či pozdní mrazy),
- sucho (nedostatek dostupné vody),
- nadbytek vody (dlouhotrvající srážky),
- nedostatky v minerální výživě (nedostatek některé složky výživy, nepříznivý poměr složek),
- působení kambiofágního, listožravého či savého hmyzu,
- virové, bakteriální či houbové patogeny.

11.3.4 Antropogenní stresory

Za nejvýznamnější antropogenní stresory lze považovat:

- chemické látky, používané pro ochranu rostlin (herbicidy, fungicidy, pesticidy),
- látky znečišťující ovzduší (SO_2 , NO_x , fluoridy, PAN – peroxyacetylnitráty, perzistentní organické látky – polyaromatické uhlovodíky, PCB, chlorované fenoly a uhlovodíky atd.),
- kyselé deště a mlhy a jejich důsledky (zakyselení půd, minerální deficience Mg, K, Ca v půdě),
- ozon (fotochemický smog),
- těžké kovy (v ovzduší i v půdě),
- nitrifikace půd (vlivem suché i vlhké depozice),
- nadprodukce metanu (velkochovy dobytka),
- zvýšení úrovně UV radiace,
- zvýšení obsahu CO_2 a globální změny klimatu.

11.4 Přirozené abiotické stresové faktory a jejich odezvy

11.4.1 Sucho

Jedním z hlavních přirozených stresorů je v našich podmínkách nedostatek vody. Příčinou vodního stresu je jakýkoliv přechodný či trvalý vodní deficit, tedy stav, kdy rostlina více vody vydává než přijímá. Kromě nedostatku srážek může být vodní deficit způsoben tedy i dalšími příčinami, například nedostatkem fyziologicky dostupné vody při hlubokém promrznutí půdy.

Projevy vodního stresu z nedostatku vody v rostlině:

- změny na buněčné úrovni – kondenzace jaderného chromatinu, zvětšování vakuol (akumulací iontů a osmotik),
- přívření průduchů = omezení přístupu CO_2 pro fotosyntézu,
- inhibice růstu (důsledek ztráty turgoru),
- nárůst specifické listové hmotnosti,
- stáčení listových čepelí,
- redukce listové plochy,
- rozvoj kořenového systému – pro zajištění větší absorpční plochy pro příjem vody,
- sekundární projevy – zvýšení výskytu aktivního kyslíku, což vede k produkci volných kyslíkových radikálů. Situace vzniká přivíráním průduchů – snižuje se intercelulární koncentrace CO_2 a tak koncentrace NADP⁺ elektrony v konečné fázi elektronového transportu jdou pak na volný kyslík.



U dřevin bývá rozlišován **přísušek**, tj. akutní nedostatek vody způsobený nerovnoměrnou distribucí srážek v průběhu roku, a **sucho** jako dlouhodobější chronický nedostatek. Nejškodlivější je přísušek v období tvorby asimilačních orgánů a maximálního růstu, tj. v jarním období (duben – květen), a potom na konci léta v čase tvorby rezervních látek pro periodu zimního klidu.

Poškození dřevin suchem může mít:

- akutní charakter – vadnutí a usychání výhonků, listů, jehlic, květů či plodů; poškození kořenů,
- chronický charakter – pokles přírůstu.

Sucho se uplatňuje také jako silný predispoziční faktor. Oslabené stromy jsou častěji atakovány kambixylofágy (např. *Ips typographus*, *Pityogenes chalcographus*, *Xyleborus* spp.). Zvyšuje se napadení některými dřevokaznými houbami, např. václavkami (*Armillaria* spp.), ve zvýšené míře se uplatňují také někteří patogeni listových pletiv (např. *Sphaeropsis sapinea*, *Gremmeniella abietina*).

Odolnost vůči suchu je podle LEVITTA (1956) založena na dvou základních schopnostech: zachovávat si hydratovaný stav (oddálit vysušení) a vyschnout bez poškození (snášet vysušení). Dřeviny snášejí vysušení velmi málo, jejich odolnost je tedy dána především schopností vyhnout se vysušení. Ta je zajištěna:

- morfologickými změnami – úprava množství listové plochy a jejího rozložení, zesílení povrchových pletiv,
- fyziologickými změnami – zvýšená aktivita kořenového systému, průduchové regulace,
- osmotickými adaptacemi – akumulace osmoticky aktivních látek (glukóza, bílkoviny, ionty, organické látky), vedoucí ke snížení osmotického potenciálu a tím i k zvýšenému toku vody do buněk – k zachování buněčného turgoru.

11.4.2 Vodní stres z nadbytku vody

Vzniká při vysoké hladině podzemní vody či při zaplavení stanoviště. Je spojen se sníženou fyziologickou aktivitou kořenů. V důsledku zamokření se stává pro kořenovou respiraci (zejména pro oxidativní fosforylaci) limitní nedostatek kyslíku. Snižuje se produkce $\text{NADP}^+ \rightarrow \text{ATP}$, aktivní přenašeči iontů minerální výživy jsou bez energie, a tak se snižuje schopnost rostliny přijímat minerální živiny. Dalším důsledkem nadbytku vody je postupná redukce kořenové sorpční plochy v důsledku odumírání kořenů.

11.5 Teplotní stresy rostlin

Teplota je jedním z hlavních faktorů prostředí ovlivňujících funkční stav rostlin. Většina rostlin vykazuje stabilní fotosyntetickou aktivitu v poměrně širokém rozpětí cca 10–35 °C. Tato stabilita je druhově specifická, závislá na okolních podmínkách i na fázi vývoje. Jako stresový faktor mohou působit vysoké teploty, teploty v rozsahu 0–10 °C (*chilling stress*) a teploty pod bodem mrazu (*freezing stress*).

11.5.1 Vysokoteplotní stres

Při teplotách vzduchu nad 35 °C dochází v našich podmínkách zpravidla k poklesu účinnosti fixace CO_2 . Primární příčina inaktivace fixace CO_2 není známa. Lze předpokládat, že je způsobena inhibicí primárních fotochemických reakcí. Při silnějších teplotních stresech přispívají k poklesu fixace také změny komplexu vyvíjejícího kyslík – OEC, fotosystému PS II a fosforylace, což jsou primární procesy thylakoidní membrány chloroplastu. Inaktivace OEC bývá vysvětlována uvolňováním funkčního Mn z komplexu OEC. Vzhledem k tomu, že existují ochranné mechanismy, dané přítomností některých aniontů, nemusí být poškození OEC nevratné, pokud teplota nepřekročí určitou mez (zpravidla kolem 45 °C). Působením vyšších teplot dochází také ke strukturálním změnám v thylakoidních membránách chloroplastů. Byl zaznamenán pokles podílu granálních útvarů, změny v lipido-proteinové interakci, fázová separace a změny ve složení lipidů (při teplotách 45–50 °C).



11.5.2 Škody způsobené vysokými teplotami

Nejčastějším poškozením vedrem je u dospělých dřevin **korní spála**. Objevuje se na dřevinách s hladkou kůrou při náhlém zahřátí a způsobuje odumření kůry na osluněné jižní či jihozápadní straně kmene. Kůra popraská, zasychá, později se odlupuje a v pruzích opadáva. Obnažené dřevo praská a později je zpravidla postiženo hnilobami. Mezi nejčastěji postižené dřeviny patří *Fagus sylvatica*, *Acer*, *Carpinus betulus*, *Picea*, *Abies* či *Pinus strobus*. Častější je poškození u starších stromů. Pokud jsou praskliny situovány jen do bazální části, lze předpokládat, že jde spíše o poškození mrazem, suchem nebo jarními prudkými změnami teplot.

Vysoké teploty mohou způsobovat výrazné škody také při výsadbách či ve školkách, kde vlivem přehřátí půdního povrchu dochází k poškození kořenového krčku a následnému podlamování či odumírání semenáčků (např. *Picea*, *Abies*).

11.5.3 Chladový stres (chilling stress)

Může nastat při teplotách v rozsahu 0–15 °C, nejčastěji v subtropech a tropech. Nejprve nastávají vizuální symptomy poškození, potom následuje pokles fotosyntetické aktivity (změny metabolických procesů, pokles aktivity enzymů, změna fluidity thylakoidní membrány, pokles toku cytoplazmy apod.), klesá transpirace (zavírání průduchů nebo pokles vodního potenciálu), zvyšuje se akumulace cukrů a škrobu v chloroplastech. Citlivost vůči chladu přitom výrazně závisí na denním rytmu – za tmy je vyšší než na slabém světle. Ve tmě jsou zřejmě produkovány toxické metabolity, které jsou degradovatelné světlem, nebo je za světla produkován nějaký ochranný faktor.

11.5.4 Stres mrazem

Voda v rostlině může zmrznout:

- intracelulárně – dojde k destrukci buňky,
- extracelulárně – dochází k postupné dehydrataci až do stavu, kdy voda v buňkách dosáhne termodynamické rovnováhy s extracelulárním ledem.

Prvním účinkem mrazu je zastavení pohybu protoplazmy, který je přímo závislý na energii, dodávané dýcháním, a na dostupnosti vysokoenergetických fosfátů. Při poklesu pod cca -5 °C je inhibována asimilace CO₂, snižuje se rychlost fotosyntézy. Dochází k poškození chloroplastů. V konečném stadiu se porušuje polopropustnost membrán, takže selhávají buněčné struktury (thylakoidy plastidů) a buněčná plazma uniká do mezibuněčného prostoru.

Odolnost vůči mrazu je druhově i individuálně specifická. Membrány jsou přitom citlivější než samotné proteiny. Na odolnosti celé rostliny se podílejí různé mechanismy:

- izolace některých částí rostliny – krátkodobě jsou chráněny vnitřní části koruny, kde dochází ke zpoždění promrzání,
- zpožděné tvoření ledu v pletivech – rozpuštěné látky a jiné složky, poutající vodu, snižují bod mrazu nebo dochází k podchlazení vody na teplotu nižší než bod mrazu bez jejího zmrznutí (většinou krátkodobé),
- schopnost tolerovat zamrznutí – díky postupnému otužování klesá objem vody v buňkách, vakuola se dělí na několik vakuol, popřípadě se projevují ještě další adaptace, které umožní buňkám vydržet odčerpání vody při tvorbě ledu.

11.5.5 Škody způsobené mrazem

Časné mrazy vznikají před koncem vegetačního období, nejčastěji v letech s teplým a vlhkým podzimem. Poškozují mladé výhony, které ještě nezdřevnatěly, způsobují předčasný opad listů.

Zimní mrazy poškozují pletiva kůry a lýka, dochází k odumírání větví a výhonů. Vznikají mrazové praskliny, mrazové kýly. Mrazové praskliny (trhliny) se vytvářejí na osluněné jižní a jihozápadní straně (vlivem náhlých rozdílů teploty během dne a noci). Vzniklé rány se postupně zavalují, při opakovaném popraskání jsou ovšem většinou infikovány dřevokaznými houbami. Často se uplatňují například u *Fagus sylvatica*, *Carpinus betulus*, *Abies*.



Mrazové kýly se projevují na silnějších kmenech stromů s širokými dřeňovými paprsky (*Quercus*, *Fagus sylvatica*, *Ulmus*, *Carpinus betulus*, *Abies*, *Populus*). Vznikají prudkým smršťováním běle při náhlém přechlazení. Nejdříve dojde k roztržení kmene, často až ke dření, na jaře se rána uzavírá a zarůstá novým letokruhem. Dojde-li v zimě znovu k obnovení rány, vzniká postupně podél trhliny hojivé pletivo v podobě lišty. Mrazové kýly jsou výrazně méně časté než mrazové trhliny, většinou je najdeme na severní nebo na jižní straně kmene, kde vznikají největší teplotní rozdíly v průběhu dne. Nejvíce trpí dřeviny na vlhkých stanovištích, zejména v uzavřených údolích s častými mlhami.

Poklesnou-li teploty na dlouhou dobu pod $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, může dojít k promrznutí korun listnáčů i jehličnanů. U listnáčů se promrznutí projeví až při rašení, kdy část větví nevyraší, či vyraší a usychá později během léta. Důsledkem silných mrazů ke konci zimy či na jaře se může u stromů objevit červenání či reznutí jehličí (zejména na jižních expozicích) s následným usycháním, tzv. **fyzilogická sypavka**. Důvodem je vytranspirování, tj. silná transpirace při malém přívodu vody z promrzlé půdy.

U buku a některých jiných dřevin může vlivem mrazu vznikat tmavé mrazové jádro. Holomrazy často způsobují vymrzání (vytahování sazenic). Přes den roztátá půda v noci zmrznutím nabývá na objemu a zdvihá povrch i se sazenicemi, přes den opět půda klesá, ale sazenice zůstávají povytaženy.

V květnu a na začátku června, kdy za jasných a bezvětřných nocí klesají teploty v přízemní vrstvě vlivem intenzivního vyzařování z povrchu země, vznikají **pozdní mrazy**. Jsou místního charakteru, především k nim dochází v mrazových kotlinách, kam v noci stéká chladný vzduch (je těžší než teplejší vzduch). Větší nebezpečí pozdních mrazů je v blízkosti mokřin či stojatých vod. V mrazových kotlinách opakovaně mrznou postranní výhonky, a tak se vytvářejí typické kuželovité formy, jaké lze v přírodě najít např. na slatích v NP Šumava. Častější poškození pozdními mrazy lze zaznamenat v jižních a jihovýchodních expozicích, kde dřeviny dříve raší. Nejvíce je ohrožena vegetace v přízemní vrstvě do cca 1 m. Mezi citlivé dřeviny patří např. *Fraxinus*, *Quercus*, *Fagus sylvatica*, *Abies*, *Robinia pseudoacacia*, *Pseudotsuga menziesii*. Relativně odolné jsou naopak někteří zástupci *Pinus*, *Alnus*, *Betula*, *Ulmus*, *Carpinus betulus*, *Populus tremula*, *Sorbus aucuparia*. Pozdní mrazy do -3 či $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ poškozují rozvíjející se pupeny, výhonky či květy. Poškozené části vadnou, hnědnou, černají a odumřelé odpadávají.

11.6 Atmosférické srážky

11.6.1 Škody způsobené sněhem

Větší množství – zejména mokrého – sněhu způsobuje přetížení korun a následné zlomení vršku, prolámaní koruny či dokonce lámání kmene (při velmi silném sněhovém závěsu). Na rozmoklých půdách se sněhem přetížené stromy vyvracejí. Kromě přímých škod zlomením stromu je důsledkem mokrého sněhu bajonetový růst (zejména *Picea*), vlnovité zprohýbání horní části kmene (zejména *Pinus*) a infekce poškozených stromů v místech zlomů dřevokaznými houbami. Prolámané porosty jsou náchylnější k napadení podkorním hmyzem a škodám větrem.

Rozsah a nebezpečí škod jsou dány:

- stanovištěm – nejvíce ve středních nadmořských výškách (vysoká četnost srážek s mokrým sněhem), při větru na závětrných místech (návěje),
- druhem a věkem dřeviny – nejvíce jsou ohroženy jehličnany (koruny zachytí více sněhu), z listnáčů např. *Fagus sylvatica* či *Quercus petraea* (dlouho do zimy drží suché listy); nejvíce jsou postihovány stejnověké husté skupiny,
- habitem, tvarem koruny, sociálním postavením – snadněji se lámou vytáhlé stromy s plochou a vysoko nasazenou korunou. Nebezpečí je tím větší, čím souvislejší vrstvu tvoří koruny stromů a čím štíhlejší jsou kmeny; ohroženy jsou tedy především stejnověké jehličnaté skupiny, stromy, poškozené hnilobami, nejlépe naopak vzdorují smíšené různověké skupiny.

11.6.2 Škody způsobené námrazou

Námraza se tvoří z mlhy zanesené větrem. Namrzá proti směru převládajících větrů na koruny a kmeny stromů, ochlazené pod bod mrazu (často se ovšem označení „námraza“ používá jako souhrnný název pro všechny ledové povlaky). **Ledovka** se tvoří za bezvětří z mlhy nebo deště na kmenech a větvích, ochlazených pod bod mrazu. **Jinovatka** vzniká srážením vodních par v podobě ledových krystalků na stromech, když došlo k ochlazení i vyšších, nejen přízemních vrstev vzduchu.



Námrazy způsobují škody obdobné poškození sněhem, tedy především prolamování či rozlamování korun, popřípadě zlomy celých stromů. Stupeň poškození námrazou závisí na:

- nadmořské výšce a poloze – nejvíce jsou ohroženy podhorské a nižší horské polohy, více jsou poškozovány stromy na svazích a hřebenech (zachycení teplejších proudů mlh z údolí),
- druhu dřeviny – z běžných druhů především někteří zástupci *Pinus* (rozlámání korun) a *Picea* (vrcholkové polomy), z listnáčů jsou nejvíce ohroženi zástupci *Alnus*, *Fagus sylvatica*, méně *Quercus*, *Robinia pseudoacacia*;
- sociálním postavení – ohroženy jsou hlavně solitérní stromy, mezernaté skupiny či okraje skupin.

11.6.3 Škody způsobené krupobitím

Krupobití přichází zejména v období velkých veder, kdy náhle pronikají proudy studeného vzduchu do nižších vrstev atmosféry. Kroupy stloukají či poškozuji listy, květy i plody, zurázejí slabší větvičky, na silnějších otloukají kůru (u dřevin s hladkou tenkou kůrou může být poškozena i běl). Pokud je zničena výrazná část asimilačního aparátu, má to pochopitelně dopad na vitalitu stromu – časté je následné napadení hmyzem (lýkohubové, smoláci i lýkožrouti). Největší škody jsou ve školkách či nových výsadbách. Mezi ohrožené dřeviny lze zařadit např. *Pinus*, *Picea*, *Quercus*, *Fagus sylvatica*, *Alnus*, *Populus*.

11.7 Škody způsobené vzdušným prouděním

Přestoupí-li rychlost větru určitou mez, může na dřeviny působit destruktivně svou mechanickou silou. U větrů nad 18 m.s^{-1} (vichřice) může docházet k vývrátům a zlomům. Bořivé větry mohou patřit do různých kategorií a mohou také různě dlouho trvat. Patří sem zejména:

- silný stálý vítr,
- nárazový vítr,
- větrná bouře,
- větrné smrště a tornáda (tornádo je silně rotující vír vyskytující se pod spodní základnou konvektivních bouří, během své existence se alespoň jednou dotkne zemského povrchu),
- přepadové větry (vytvářejí se v horách, kde studený vzduch padá velkou rychlostí do údolí).

Výsledné škody větrem závisí na několika činitelích:

- roční doba a počasí – riziková je nasáklost půdy vodou (největší v období tání či podzimních dešťů); časté jsou bořivé větry na jaře a na podzim, kdy dochází k velkým přesunům vzdušných mas (vichřice), či v létě, kdy jsou nejčastější smrště a větrné bouře,
- stanoviště – bořivý účinek může být umocňován či naopak bržděn členitostí terénu (větší ohrožení na koncích dlouhých údolí, orientovaných po směru větru, na návětrných stranách). Účinek může zvýraznit charakter substrátu (menší stabilita na zamokřených lokalitách, sypkých písčích apod.),
- sociální postavení – zranitelné jsou stěny náhle uvolněných skupin se strmou stěnou na návětrné straně. Zvýšené ohrožení je v jakýchkoliv zúžených místech, kde návětrné stěny tvoří pravý nebo ostrý úhel,
- dřevina – nejvíce jsou ohroženy dřeviny s krátkou, hustou, vysoko nasazenou korunou nebo dřeviny s křehkým dřevem, například *Picea*, *Abies*, *Populus*, *Betula*, *Alnus glutinosa*,
- stav porostu – při prořídnutí vzniknou nové nepevné porostní stěny, a tím se vytvoří vysoké riziko polomů jak větrných, tak i sněhových a námrazových,



- zdravotní stav stromů – zdravé dřevo stromů rostoucích v porostech spolehlivě odolává rychlostem větru až 50 m.s^{-1} ; stromy se středním stupněm poškození tvrdou hnilobou se lámou již při rychlostech $14,5\text{--}24,5 \text{ m.s}^{-1}$; stromy napadené pokročilým stupněm rozkladu, hnilobou voštinovou, se lámou ještě při nižších rychlostech větru; rizikovější jsou okrajové hniloby (ranové) než středové – v případech, kdy je okrajovou hnilobou zasažena celá polovina průřezové plochy, bude únosnost průřezu 50 % (kolmo na směr šíření hniloby) nebo také jen 24% (ve směru šíření) oproti původní únosnosti; pokud hniloba rozložila polovinu průřezové plochy, je únosnost průřezu u okrajové hniloby pouze 15 % z původní hodnoty u zdravého dřeva (u středové hniloby) stále ještě přes 90 % (VICENA, 2002).

11.8 Škody bleskem

Bleskem dochází k jednotlivým poškozením. Méně jsou poškozovány stromy, u kterých se rychle smáčí kůra – *Fagus sylvatica*, *Carpinus betulus*, *Acer* atd.

11.9 Znečištění ovzduší a jeho důsledky

11.9.1 Imise

Látky uvolňované do ovzduší ovlivňují životní prostředí díky procesům v atmosféře a své mobilitě na všech úrovních: lokální, regionální, kontinentální i globální. Význam jednotlivých látek je dán do značné míry jejich dobou setrvávání v atmosféře. Pro míru působení znečišťující látky či látek v konkrétním místě je rozhodující imise, tj. znečištění ovzduší, vyjádřené hmotnostní koncentrací znečišťující látky.

Obecně lze říci, že nejvyšší koncentrace škodlivých látek v ovzduší se vyskytují v zimním období (topná sezona) při nepříznivých rozptylových podmínkách (velmi slabé proudění, teplotní inverze apod.). Koncentrace oxidů dusíku ($\text{NO} + \text{NO}_2$) jsou zvýšené, zvláště ve městech v těsné blízkosti dopravních tepen, prakticky v průběhu celého roku.

11.9.2 Fotochemický smog

V posledních letech začíná být silně problematický z hlediska ochrany vegetace tzv. fotochemický smog (přízemní ozon). Působením slunečního záření (zejména UV složky) na oxid dusičitý NO_2 začíná vznik fotochemického smogu. Reakcí se vytváří oxid dusnatý NO a velmi aktivní atomární kyslík, který vzápětí reaguje s molekulárním kyslíkem na ozon O_3 . Do reakce ještě dále vstupují uhlovodíky obsažené např. ve výfukových plynech. Fotochemický smog intenzivně působí na vegetaci i na člověka – dráždí sliznice. Vzniká především v místech vysoké koncentrace dopravy při slabém proudění vzduchu a vysokých hodnotách radiace. Vysoké hodnoty přízemního ozonu jsou zejména v létě (nejvíce červen a červenec) v některých lokalitách v současné době vážným problémem (i vzhledem k relativně dlouhému setrvávání ozonu v atmosféře – 3 až 4 měsíce).

Ozon dosahuje maximálních hodnot v jarních a hlavně v letních měsících při dlouhodobějším trvání slunných, a tedy bezoblačných dní, kdy je nejvyšších hodnot dosahováno odpoledne a k večeru opět dochází k jejich poklesu.

11.9.3 Poškozování rostlin a jejich prostředí vzdušnými škodlivinami

Poškození rostliny imisemi může být v podstatě tří základních typů:

- **akutní** – vzniká při absorpci takového množství škodliviny, která má pro pletivo smrtící účinek. Nejdříve se zpravidla projevuje zasychání okrajů listů a mezižeberní listové plochy, později zasychání a zesvětlení přechází u řady druhů dřevin v bílou, u jiných naopak v hnědou či hnědočervenou barvu;

- **chronické** – je způsobeno absorpcí dávky nižší než je limit pro akutní poškození nebo dlouhodobým působením nízkých dávek. Projevuje se žloutnutím, které může postupovat přes světlání listů, dokud není zničena většina chlorofylu a karotenoidů a dokud intervenózní části listů nejsou téměř bílé. Dochází k výraznému oslabení stromu;

- **skryté** (fyziologické) – je pozměněna fyziologická aktivita bez zjevných vnějších symptomů. Jde o poruchy životních procesů, které mohou ovlivnit růst. Tyto poruchy nejsou patrné pouhým okem a jsou přítomné tam, kde dlouhodobě působí koncentrace škodlivin nižší než vyvolávající viditelné poškození. Změny jsou pozorovatelné na mikrourovni – nastává úbytek fotosyntetických pletiv v důsledku chlorotických a nekrotických poranění. Růstová aktivita klesá vlivem rozvrácení buněčné struktury a aktivity.



11.9.4 Základní projevy vlivu atmosférických polutantů na dřeviny

Většina vzdušných škodlivin snižuje fotosyntetickou aktivitu, a to přímo nebo nepřímo – vlivem úbytku fotosyntetického pletiva (chlorózy, nekrózy atd.) a poškozením stomatální činnosti.

V konečném efektu působí imise negativně na vitalitu a celkový růst rostliny. Polutanty působí na:

- růst výhonů
 - redukováná listová plocha,
 - inhibice tvorby listu,
 - zastavený rozvoj listu,
 - urychlení opadu listů,
 - inhibice počtu i velikosti buněk;
- kambiální aktivitu
 - redukce radiálního přírůstu dřevin,
 - kratší a užší tracheidy, cévy,
 - menší počet tracheid, cév;
- růst kořenů
 - nižší alokace asimilátů,
 - pokles poměru nadzemní části a kořenů,
 - úmrtnost kořenů,
 - redukce mykorrhizní populace,
 - pokles tolerance k suchu;
- růst reprodukčních orgánů
 - snížení kvality a množství plodů,
 - pokles množství hormonálních růstových látek,
 - vliv na proces kvetení a fruktifikace,
 - přímé poškození reprodukčních orgánů,
 - nižší klíčivost;
- fyziologické procesy – kromě vyvolání nerovnováhy živin mají některé škodliviny inhibiční vliv na:
 - syntézu chlorofylu,
 - na fotosyntézu,
 - mění průchodnost stomat,
 - permeabilitu buněčných membrán,
 - množství a typy zásobních karbohydrátů a proteinů,
 - aktivitu enzymů.

11.9.5 Symptomy akutního poškození

SO₂ – nespecifické, časté různé typy intervenálních chloróz, nekrózy.

HF – tmavě hnědé nekrózy, dislokované do špiček listů a oddělené tmavším proužkem.

O₃ – čárkové nekrózy v místech průduchů, stříbřité plochy na čepeli (odskočená, popálená kutikula od palisádového parenchymu), červenání listů.

NO_x – nespecifická, většinou nekrotická poranění podobná účinkům SO₂, chlorotická zbarvení, odkapávání buněčných šťáv.

Čpavek – sytě zelené až modrozelené zbarvení listů posléze přecházející v nekrózu.



11.9.6 Dopady působení znečištění ovzduší na půdy

Za hlavní zdroje acidifikace půd lze považovat (VAN BREEMEN, 1992, BINKLEY ET AL., 1989, in HRUŠKA, CIENCIALA, 2001):

- 1) Přísun rozpuštěných silných kyselin a bází – působením atmosférické depozice HNO_3 , H_2SO_4 a SO_2 .
- 2) Interní produkce kyselin v půdě – jsou vytvářeny solemi slabých organických kyselin a iontů Na, Ca, Mg, následně jsou tyto kationty vymývány. Často jde o tvorbu silné HNO_3 nitrifikací organického dusíku, především v podmínkách, kde jsou nároky rostlin na dusík nižší než dostupnost dusíku, např. v lesních ekosystémech se zvýšenou depozicí dusíku.
- 3) Asimilace minerálů biotpu – rostliny odebírají více bazických než kyselých iontů. K acidifikaci dochází, zvyšuje-li se zásoba biomasy; situace se vyrovnává při rozpadu a mineralizaci organické hmoty, při jejím odebrání z ekosystému dochází k další acidifikaci.
- 4) Procesy oxidace a redukce – oxidace H_2S na SO_3 , FeO do podoby Fe_2O_3 nebo NH_3 na N_2O_5 mohou vést k acidifikaci; pokud však nejsou vzniklé sloučeniny exportovány z ekosystému, je proces acidifikace vratný. Často však vznikají produkty s různou mobilitou, což napomáhá vyplavování jen některých komponentů, a tím vzniku nerovnováhy – proces acidifikace se tak stává nevratným.

11.9.7 Dopady acidifikace půd na stromy

- **poškození ektomykorrhizního kořenového systému** – dochází k redukcí ve větvení jemných kořenů posledního řádu, které obvykle nesou ektomykorrhizy, dále k omezení a poškození ektomykorrhiz,

- **intoxikace Al** – acidifikace půdy je provázána uvolňováním iontů hliníku z půdních komplexů, tyto ionty působí toxicky na kořeny dřevin, například u smrku ztepilého se intoxikace projevuje ztlustěním kořenů, vzniká poškození jako výsledek narušení meristematického růstu; časté jsou poruchy růstu, které vedou k deformaci a snadnému ulamování kořenů;

- **změna diverzity půdní bioty** – následně nastává i změna funkcí; většinou dochází k ochuzování druhového spektra všech půdních organismů a ke snižování dekompozice.

12. DEFINICE ZÁKLADNÍCH POJMŮ

12.1.1 Choroba

Chorobu rostliny charakterizoval ve 20. letech 20. století Neger jako odchylku od normálních fyziologických procesů a Gäumann tento pojem vysvětluje jako dlouhotrvající patologický proces působený vnějšími vlivy, který vyvolává podstatné strukturální změny v buňkách, pletivech, orgánech či celém organismu rostliny. ČERNÝ (1976) ji definoval jako dynamický proces doprovázený poruchou fyziologických funkcí, změnami ve struktuře pletiv a poklesem produktivity a vitality. Chorobu lze definovat jako poruchu normálních fyziologických funkcí organismu, která vzniká buď vlivem škodlivých činitelů, nebo ji vyvolává primární dysfunkce některých orgánů nebo systému samotného organismu.

V některých pojetích je termín choroba chápán je odchylka vyvolaná patogenními nebuněčnými a buněčnými organismy (infekčními agens), **porucha** je charakterizována jako škodlivé změny fyziologických procesů, způsobené jinými faktory než patogenními organismy. Choroby je možné klasifikovat podle příčin – etiologie, podle typu narušení fyziologických funkcí, typu symptomů, podle lokalizace symptomů, druhové specifičnosti, ekonomického a ekologického významu apod.



Podle původu choroby se rozlišují choroby monoetiologické a polyetiologické. Mezi **monoetiologické** náleží genetické anomálie (chybí určitý gen), bionózy působené jedním patogenním organismem, a abionózy způsobené půdními a povětrnostními faktory, exhaláty, nevhodnými péstitelskými opatřeními, nevhodnými ochrannými opatřeními apod. **Polyetiologické choroby** se vyznačují komplexní etiologií vyvolanou interakcí několika biotických a abiotických faktorů, působených v určitých posloupnostech. Mezi polyetiologickými chorobami je nejvýznamnější postupné chřadnutí a předčasné odumření dřevin jako důsledek stresového působení řady environmentálních stresorů s možnou aktivizací tzv. patogenů a škůdců. V tomto případě je velmi obtížné rozlišit příčiny a důsledky pozorovaného stavu. Jev je obecně označován jako **chřadnutí** (*decline*). Lze konstatovat, že jde v současnosti o nejrozšířenější projev chorob dřevin, kdy je stanovení jediného původce prakticky nemožné.

12.1.2 Saprofyt, saprogen

Za **saprofyt** je označován organismus, který jako heterotrofní organismus využívá odumřelých těl rostlin a živočichů, různých organických odpadů a vody bohaté na organické sloučeniny. Saprofytismus je rozšířeným způsobem života u řady bakterií, hub, některých řas a vyšších rostlin. Saprofytismus je charakteristický pro tzv. detritové řetězce. Saprofyty je možné rozdělit na holosaprofyty, resp. obligátní saprofyty, které se účastní mineralizačních procesů organické hmoty v přírodě. Hemisaprofytické organismy přecházejí k saprofytismu pouze v příležitostně, případně pouze v některých vývojových fázích, když jsou schopné samostatného autotrofního života. Do této skupiny se řadí některé bakterie, řasy a rovněž vyšší rostliny z čeledi vstavačovitých (*Orchidaceae*).

Jako **saprogen** je označován organismus, u kterého převažuje rozklad odumřelých částí rostlin a je schopen infikovat rovněž živá pletiva, případně části živých rostlin. V tomto pojetí se tzv. saprogen blíží nekrotrófnímu parazitovi.

12.1.3 Parazit, patogen

Parazit je organismus nutričně vázaný na hostitele. Parazitismus je stupněm nutriční závislosti daného organismu na jiném organismu. Parazitem je takový organismus, jenž je v těsném kontaktu s jiným organismem (hostitelem), z něhož získává podstatnou část živin a energie pro svou existenci. Parazit není pro hostitele prospěšný, nemusí však být pro něho škodlivý. Svou životní strategií se parazit vyhýbá konkurenci o živiny, resp. jiné požitky v nedostatku. Parazitismus se projevuje u organismů na řadě úrovní. Specifickou formou je genetický parazitismus, kdy parazit zasahuje přímo do transkripce DNA, tak jak je tomu např. u některých bakterií z rodu *Agrobacterium*. U dřevin mohou jako příklad posloužit nádory na větvíčkách vrb a topolů, působené *Agrobacterium tumefaciens*, na borovicí podobné tumory působí *Pseudomonas (Bacterium) pini*.

Patogem je buněčný nebo nebuněčný organismus, který je schopen způsobovat chorobu na jednom hostiteli nebo na okruhu hostitelů. Zatímco parazitismus je stupněm nutriční závislosti daného organismu na jiném organismu, patogenismus představuje stupeň antagonistického působení mezi organismy, v němž jeden organismus vyvolává chorobu na jiném.

U dřevin v naprosté většině případů převažuje **parazitický patogenismus**, který představuje interakci kompatibilní rostliny a parazita, kdy dochází k rozvoji choroby u hostitele. U **neparazitického patogenismu** nedochází k přímé endogenní asociaci kompatibilní rostliny a patogena. Příkladem jsou např. některé houby, které produkují růstové látky, jejichž nadměrná přítomnost vyvolává u rostlin patologické projevy. Nejčastěji uváděným příkladem je rýže a houba *Gibberella fujikuroi*. Giberelin uvolňovaný houbou způsobuje nadměrný růst a padání stébel. U dřevin by bylo možné za neparazitický patogenismus považovat nárosty řas nebo plísni na asimilačním aparátu. U řas je tento jev spojen s vysokou vzdušnou vlhkostí a zvýšeným obsahem dusíku v ovzduší. V souvislosti s řasami je v některých případech zmiňováno rovněž poškození kutikulární vrstvy listů. Plísně na povrchu listů jsou často důsledkem přítomnosti cukerných výměšků mšic na listech. Přestože pletiva nemusí být přímo poškozena sáním hmyzu, výskyt černí na povrchu listů výrazně omezuje fotosyntézu.

Ke klasifikaci vztahu patogena a hostitele se používá různých klasifikací, často s posunutým významem. Podle nutričních požadavků jednotlivých mikroorganismů se paraziti rozdělují na nekrotrófní a biotrofní parazity, další členění je založeno na ekologii, fyziologii, kultivačních možnostech apod.



12.1.4 Biotrofie

Biotrofie je vysoce specializovaná forma parazitismu, kdy je navázána úzká vazba mezi hostitelem a patogenem. Tato vazba je na úrovni nutriční i úrovni informační. Vytvořeny jsou úzce specializované vazby, které omezují možnost přežití parazitů bez svého hostitele. Rozlišovány jsou dvě úrovně biotrofie. **Fakultativní biotrofové** jsou schopni přežívat po určitou dobu volně v přírodě v jiné formě než jsou gamety, cysty a spory. Hlavní částí životního cyklu je biotrofní fáze s následnou krátkou fází saprotrófní. Tento stav je podmíněn ekologicky, tyto organismy je možné pěstovat uměle. K fakultativním biotrofům se řadí např. bakteriální rakovina jasanu *Pseudomonas savastanoi*.

Obligátní biotrofové jsou svou životní strategií zásadně vázáni na metabolismus živých buněk hostitele, resp. hostitelů. Tyto organismy postrádají jakoukoli schopnost samostatného přežívání v přírodě. Vyvinuly se u nich složité ekologické vazby, včetně střídání hostitelů, tak jak je známe u rzí. Nelze je pěstovat v axenických kulturách. K biotrofním parazitům náleží všichni zástupci rzí, u dřevin např. rez vejmutovková *Cronartium ribicola*, rez hrušňová *Gymnosporangium sabinae* aj. Biotrofními parazity jsou také padlí *Erysiphales* aj.

12.1.5 Hemibiotrofie

Hemibiotrofie představuje přechodnou formu mezi nekrotrofií a biotrofií. Význačná je poměrně dlouhá biotrofní fáze, následovaná fází nekrotrofní. V průběhu interakce s hostitelem je možné rozlišit tři fáze – biotrofní, nekrotrofní a saprotrófní. Tyto organismy nemohou přežívat bez biotrofní fáze. Z ekologického hlediska představuje biotrofní fáze význačnou konkurenční výhodu oproti organismům nekrotrofním a saprotrófním. Z chorob dřevin mají charakter hemibiotrofů sypavky (*Lophodermium*, *Mycosphaerella*) nebo někteří původci listových skvrnitostí (*Rhytisma*, *Guignardia* aj.).

12.1.6 Nekrotrofie

Nekrotrofie (též pertotrofie) je definována jako způsob získávání organických látek z usmrcených buněk hostitele. Nekrotrofové v první fázi vytvářejí interakce se živým organismem, který celý, nebo jen jeho části, rychle usmrcují a jsou schopni dlouhou dobu přetrvávat na odumřelých částech – podobně jako saprotrófové, kteří primárně nenapadají živé buňky hostitele a kolonizují až mrtvá pletiva a těla. Tyto organismy mají velmi dobrou schopnost osídlovat mrtvé organické substráty a prakticky po neomezenou dobu zde přežívat saprotrófním způsobem.

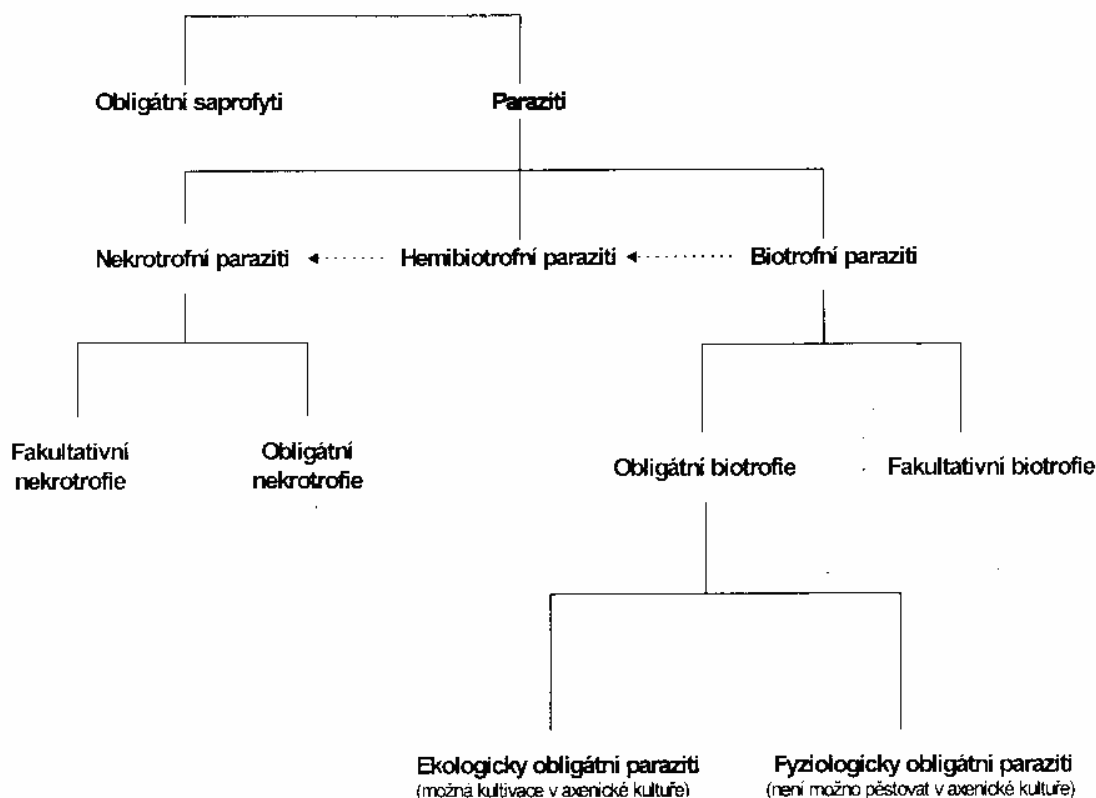
Nekrotrofní organismy nedosahují rovnováhy s hostitelem jako organismy biotrofní a zásadně tak narušují jeho metabolismus. Výjimkou jsou některé dřevní houby, které kolonizují na živých hostitelích vyzrálé buňky dřeva. Jejich kontakt se živými buňkami je omezen na krátkou fázi penetrace do hostitele skrze ránu nebo běl. I při úplné kolonizaci jádra některé druhy do běli nepronikají, stejně tak nepoškozují dosud živé buňky parenchymatických paprsků. Přesto je třeba konstatovat, že v rámci skupiny dřevních hub je možné rozlišit široké spektrum ekologických vazeb od ryzího nekrotrofismu až po saprotrófismus. S ohledem na schopnost kolonizovat živé hostitele je vhodné považovat tzv. parazitické dřevní houby za nekrotrofní parazity, kteří kolonizují dřevní hmotu, tvořenou převážně již odumřelými buňkami, kdy se kontaktu se živými buňkami spíše vyhýbají. Živé buňky jsou usmrcovány nejčastěji enzymatickou aktivitou, možná je i produkce toxinů. Rozlišování jsou fakultativní nekrotrofové a obligátní nekrotrofové. Zatímco **fakultativně nekrotrofní** organismy jsou schopny přežívat mimo mrtvá infikovaná pletiva hostitele i v jiných formách než v gametách, cystách a sporách, **obligátně nekrotrofní** organismy jsou vázány svým přežíváním pouze na mrtvá těla.

Prakticky většinu dřevních hub vázaných na kmen živých stromů je možné řadit mezi nekrotrofní parazity. U některých dřevních hub po různě dlouhé fázi nekrotrofní následuje různě dlouhá fáze saprotrófní. Nekrotrofní fáze může být fakultativní, kdy dřevní houby mohou kolonizovat jak dřevo živých stromů, tak i již odumřelé kmeny. Příkladem této skupiny může být např. troudnatec kopytovitý (*Fomes fomentarius*), hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*), lesklokorka ploská (*Ganoderma applanatum*) aj. Naopak u jiných druhů, jako je např. ohňovec černající (*Phellinus nigricans*), ohňovec statný (*P. robustus*), rezavec štětinatý (*Inonotus hispidus*) aj. je přežívání dřevní houby vázáno – nebo krátce přesahuje – na život stromu. Pro část dřevních hub je nutná fáze kolonizace pletiv živých hostitelů, kdy po dlouhou dobu houba vegetuje a fruktifikuje na odumřelých pletivech. Tuto strategii má např. lesklokorka lesklá (*Ganoderma lucidum*), dубkatec smrkový (*Onnia circinata*) aj.



Extrémním případem nekrotrofního parazita jsou někteří zástupci rodu rezavec (*Inonotus*). Například v průběhu infekčního cyklu rezavce šikmého (*Inonotus obliquus*) na živém hostiteli se tvoří pouze nepohlavní imperfektní plodnice. Tvorba rourkových plodnic teleomorfního stadia je vázána na odumření hostitele, kdy po vytvoření perfektních plodnic odumírá záhy i mycelium ve dřevě. Podobnou strategii má i rezavec Andersonův (*Inonotus andersonii*). Většinou tyto houby, které se svou strategií blíží biotrofním parazitům, minimálně poškozují svého hostitele a doba parazitace dosahuje desetiletí, případně přesahuje i stovku let.

Podobně lze klasifikovat další významnou skupinu patogenů, a to **houby vaskulárního vadnutí**. Ty jsou v průběhu penetrace nekrotrofní paraziti, uvnitř vodivého systému pak mohou působit jako saprotofové, resp. endofyti. Samozřejmě je i v této skupině možné rozlišit celou škálu ekologických vztahů od převažujícího parazitismu až po endofytismus.



Obr. 36: Klasifikace forem parazitismu (KŮDELA, 1989)

12.1.7 Patogenita, virulence

Patogenita je charakterizována jako schopnost parazitního organismu na úrovni druhu nebo rodu interferovat s jednou nebo více podstatnými funkcemi rostliny a vyvolat u ní patologický proces.

Virulence je vlastnost nižších entit – kmene, rasy, variety – a představuje schopnost pronikat v hostitelském organismu. Agresivita je schopnost narušovat fyziologické procesy hostitele.

Příkladem mohou být např. některé ophiostomatální houby, např. grafióza jilmu *Ophiostoma ulmi*, resp. *Ophiostoma novo-ulmi*. Oba druhy jsou patogenní na jilmech. Druhý druh byl dlouhou dobu považován za virulentní kmen původního druhu. V rámci těchto druhů je možné rozlišit několik agresivních kmenů, které zvláště rychle pronikají v rostlině a rostlina nákaze rychle podléhá.



Znaky patogenity může být například schopnost mechanického narušování pletiv, produkce chemických sloučenin jako jsou enzymy, toxiny, růstové látky, případně i přímá interakce s hostitelskou DNA. Významnou úlohu v rozvoji choroby sehrávají **toxiny** jako neenzymatické organické látky, působící při nízké koncentraci, která zhojně a ireverzibilně ovlivňuje normální procesy v živém organismu. **Fytotoxiny (vivotoxiny)** jsou toxiny, produkované v infikovaných hostitelských pletivech patogenem nebo hostitelem bez primární úlohy v patogenezí. **Marasminy** jsou toxiny vyvolávající u rostlin ireverzibilní vadnutí (kyselina fusariová, lykomarasmin).

12.1.8 Patogeneze

Patogeneze je vznik a průběh choroby. Jde o vzájemný vztah dvou organismů – hostitele a patogena, vytvářející patosystém s řadou přímých, nepřímých a zpětných vzájemných vazeb. Tyto interakce se u většiny organismů vytvářely ve vzájemné koevoluci. V naprosté většině patosystémů došlo k nastolení rovnováhy v populacích hostitele a patogena. Výjimkou jsou především nově vytvořené patosystémy v důsledku zavlečení patogena do dosud geograficky oddělené populace hostitele, adaptace patogena na nového hostitele, změna vnějších podmínek prostředí, která výrazně ovlivní fyziologické procesy hostitele a schopnost odolávat tlaku patogenů apod.

Vznik choroby předpokládá souběh určitých podmínek, které jsou charakterizovány tzv. infekčním trojúhelníkem – patogen, hostitel a prostředí. Základem je dostatečný infekční potenciál daného patogena, který je schopen vyvolat infekci. Infekční agens se musí setkat s náchylným hostitelem – dřevinou, která je k infekci predisponována buď vývojovým stadiem, nebo následkem oslabení vnějšími činiteli či poraněním jako tzv. predispozičními stresory. Zároveň musí být vnější podmínky prostředí příznivé pro patogenní organismus (teplota, vlhkost aj.). Výrazně se v případě patologie uplatňuje i otázka času, kdy je řada patogenů schopna infikovat hostitele v určité časové periodě, dané např. fenologickou fází hostitele. Příkladem je mj. douglaska a skotská sypavka douglasky *Rhabdocline pseudotsugae*, kdy rozvoj infekce předpokládá překrývání se fenologických fází u hostitele a patogena. U sypavky je to otevírání plodnic, u douglasky pak počátek rašení. Pokud se tyto fenologické fáze nesetkají, dochází k tzv. **úniku chorobě** – infekční cyklus v sezoně neproběhne.

12.1.9 Imunita, infektibilita, tolerance, citlivost

Imunita představuje ve fytopatologii stav, kdy rostlina v žádném svém vývojovém stadiu a v žádné své varietě nemůže být infikována. Zásadně se tak toto pojetí imunity liší od stejného termínu používaného např. v humánní medicíně a ve veterinárním lékařství. Imunní dřevina je pro daného patogena nehostitelskou rostlinou. V rámci terminologie je k imunitě ekvivalentní pojem základní inkompatibilita. **Infektibilita** (základní kompatibilita) je opakem imunity a představuje stav, kdy rostlina může být jako hostitel daným patogenem napadena. Pokud patogen, vesměs v avirulentní formě, nenalézá v hostiteli podmínky k množení a pronikání do dalších pletiv, pak jde o odolnost vůči infekci, tzv. **rezistenci**. Náchylnost se projevuje množením a šířením patogena v hostiteli, kdy obranné reakce nejsou aktivovány, případně jsou patogenem překonány. V této fázi je důležitá schopnost dřeviny rozpoznat pronikajícího hostitele a aktivizovat obranné reakce. V dalších fázích infekce je významným fenoménem reakce dřeviny na přítomnost patogena. Pokud jsou iritanty patogena rostlinou inaktivovovány a jeho přítomnost se neprojevuje v plném rozvoji symptomů choroby, jde o odolnost k chorobě, tzv. **toleranci**. Citlivost choroby je význačná totální disfunkcí životních pochodů rostlin.

Modelovým příkladem může být opět *Ophiostoma ulmi*. Vůči této chorobě jsou s výjimkami, jako je např. *Zelkova*, imunní všechny dřeviny kromě infektibilních jilmů. Jilmy jsou hostitelem grafiozy jilmu *O. ulmi*, naopak např. duby jsou nehostiteli. Tuzemské druhy jilmů jsou náchylné k infekci druhem *Ophiostoma novo-ulmi* a většinou kmenů *Ophiostoma ulmi*. Pouze v případě infekce méně virulentními kmeny patogena nebo infekce některých druhů jilmů jsou jilmy rezistentní vůči infekci. Ve většině případů jsou jilmy citlivé a vlivem infekce dochází k disfunkci životních funkcí dřeviny a s výrazným rozvojem symptomů choroby. U některých druhů jilmů, případně jejich variet a kultivarů, dochází k minimálním projevům infekce formou lokálního poškození, případně symptomy infekce zcela schází. V tomto případě můžeme mluvit o toleranci vůči infekci. Tolerance je často zaměňována za rezistenci.



12.1.10 Hypersenzitivní reakce

V rámci obranných reakcí rostliny na pronikající infekci je popisována i hypersenzitivita. Na pronikání patogena rostlina reaguje odumřením okolních buněk. Zvláště v případě biotrofních patogenů je tato strategie účinná, když patogen je obklopen mrtvými buňkami a není schopen dále interferovat se živými buňkami, na kterých je závislý, a odumírá. Příkladem může být reakce rostliny na pronikání rzi do pletiv listu.

Průběh choroby

Choroby mohou mít akutní nebo chronický průběh. K **akutním chorobám** patří takové, které probíhají v krátkém období s výraznými symptomy infekce. Akutní choroby vedou nejčastěji k odumření dřevin. **Chronická forma choroby** může probíhat po dlouhé časové období, kdy jsou životní funkce rostliny poškozovány pozvolna. Výrazné symptomy choroby mohou scházet, nebo mohou být málo zjevné. Doba infekce je v případě chronického průběhu závislá na podmínkách prostředí a kondici hostitelské dřeviny. V některých případech může dojít k obnovení funkcí rostliny nebo napadených pletiv. Tento stav pak můžeme označit jako uzdravení. Proces uzdravení je pak označován jako **sanogeneze**.

Projevy infekce mohou být zjevné – pak mluvíme o **aparenci**. Velmi častým jevem je skrytý průběh infekce bez výrazných vnějších symptomů, v řadě případů i bez zjevných poruch vnitřních fyziologických procesů. V tomto případě jde o **latenci**, resp. hovoříme o latentním průběhu choroby.

Příkladem může být např. václavka (*Armillaria* spp.). Infekce kořenového systému václavkou je naprosto běžným jevem. Prakticky všechny dřeviny jsou hostiteli václavek. V případě oslabení jsou dřeviny vůči infekci václavkou náchylné, tak jak je tomu např. v případě jehličnanů v nižších polohách na živných stanovištích. Infekce je vesměs chronická, kdy po dlouhou dobu nejsou zjevné žádné vnější symptomy infekce. Tzv. *armillariózy* probíhají v latentní formě. První známky aparence jsou zřetelné až v době morfologických změn na bázi kmene, tak jak je tomu např. v případě rozšíření báze kmene smrků, rozvoje rhizomorf u kmene apod. Chronické poškození může vést k vyvrácení kmenů jako důsledku poškození kořenového systému hnilobou václavky. Akutní fáze tzv. *armillariózy* je typická rozvojem podkorního syrocia na patě a bázi kmene až do výšky 8 m a následným rychlým odumřením hostitele. U *Picea* je tato fáze spojena se zvýšenou stresovou zátěží abiotickými stresory, zvláště pak nedostatkem vody.

Projevy choroby

Zjevné projevy patogenních procesů v rostlině, případně zjevná nebo jinak zjištělná abnormalita, vzniklá následkem choroby, jsou označovány jako **symptomy**. Za symptomy choroby mohou být označovány projevy pocházející jak z napadeného hostitele, tak i z patogena. Jako **syndrom** je označován soubor příznaků – symptomů, charakterizujících chorobný stav. **Symptomatický obraz** je pak souborem symptomů, postihnutelných v určitou dobu.

Specifické symptomy jsou charakteristické pro určitou chorobu, nespecifické symptomy se mohou projevat u řady chorob, často zásadně odlišného původu.

Přítomnost choroby se může u dřevin projevat:

- a) poruchou růstu a změnami tvaru,
- b) změnami barvy,
- c) odumíráním,
- d) exudáty,
- e) znaky patogena.

Poruchami růstu jsou často zakrslost, malolistost, metlovitost, tvorba čarovníků, novotvarů, přeměna orgánů aj. Změnami tvaru je kadeřavost, svinování listu, enace (výrůstky na povrchu orgánů), fasciace, korkovitost, strupovitost, lignifikace aj. Změnami barvy jsou nejčastěji žloutnutí (chloróza), hnědnutí, červenání, černání, sklovitost, virescence, variegace, panašování, stříbřitost, mozaika, skvrnitost apod. K odumírání je řazeno vadnutí, apoplexie (náhlé odumření pletiv nebo celých orgánů), hniloby, nekrózy, nekrotická rakovina, mumifikace, sypavky, spála (*scorch* – léze připomínající spálení, *scald* – léze připomínající opaření pletiv vodou), „*dieback*“ (odumírání od konců větví), *decline* (celkové chřadnutí dřevin). Mezi exudáty náleží sliz, gumóza (klejotok), rezinóza (smolotok). Znaky patogena jsou především fruktifikační orgány, hniloby, ucpání cév, zabarvení pletiv, přítomnost mycelia, syrocia, rhizomorf apod.



Jako příklad může opět posloužit patosystém jilm – grafióza jilmu. Symptomy infekce jilmů grafiózou jilmu jsou prosychání koruny nebo jednotlivých větví, cévy ucpané hyfami houby, černé skvrny v lýku apod. Soubor těchto symptomů pak tvoří syndrom. Symptomatickým obrazem v červenci je pak apoplektické prosychání koruny. Samostatné prosychání je nespecifickým projevem, který může být – kromě infekce vaskulární mykózou – způsoben suchem, žírem hmyzu, odumřením kořenů, extrémní teplotou apod. Specifickým symptomem je pak ucpání cév myceliem, začernání cévních svazků na průřezu a černé skvrny v lýku.

U václavky jako dřevních hub tvoří syndrom symptomy infekce jako je tvorba plodnic na bázi kmenů, přítomnost syrrocia pod kůrou, tvorba rhizomorf v okolí kořenů, rozšíření báze kmene u smrku, rezinózy a hniloba kořenů a báze kmene. Typickým symptomatickým obrazem koncem září je spolu s dalšími symptomy tvorba plodnic. S výjimkou rezinózy a rozšíření báze kmene jde o specifické symptomy. U hniloby je pak možné pozorovat dílčí specifické znaky jako charakter rozkladu, přítomnost černých linií apod., které poskytují symptomatický obraz.

Typickým symptomem sypavky borové (*Lophodermium pinastri*) je opad jehlic v předjaří a v časném jaru. Jde zároveň o symptomatický obraz. Syndromem je dále tvorba pyknid na odumřelých jehlicích, hysterothecií a černých přepážek na opadlém jehličí. Opad jehlic je nespecifickým symptomem, který se může vyskytnout i z důvodu infekce jinými druhy sypavek, působení abiotických faktorů apod.

12.1.10.1.1 **Narušení základních funkcí dřevin**

Zásadní je pro kondici dřevin stav kořenového systému. Úlohou kořenového systému je mechanické zakotvení dřevin v substrátu, příjem vody a minerálů. Kořeny jsou rovněž výrazně metabolicky aktivní. V rhizosféře dochází k syntéze proteinů, aminokyselin ze sacharidů a dusíku apod. Kořenový systém má rovněž zásadní zásobní funkci a jeho narušení se projeví poruchami rašení. Zde je třeba zdůraznit, že kořenový systém netvoří pouze kořeny dřevin, ale zahrnuje i řadu složitých ekologických vazeb. Zvláštní úlohu zde hrají mykorrhizy jako jeden ze základních atributů zdravé rostliny. Pouhé narušení mykorrhiz jako komplexního útvaru, tvořeného vyššími houbami a kořeny dřevin, má za následek zhoršení zdravotního stavu rostliny. Součástí rhizosféry mohou být i bakteriorhizy, které se podílejí na metabolismu dusíku. Významné jsou bakteriorhizy u olší, které tvoří symbiózu s kořenovými bakteriemi z rodu *Rhizobium*.

Narušení kořenového systému destabilizuje statiku stromu a následně i provozní bezpečnost stromu. Výrazně je ovlivněno zásobení pletiv dřeviny vodou a živinami. Lze konstatovat, že poškození kořenů se projeví ve stavu koruny. Platí rovněž opačná spojitost. Poškozením asimilačního aparátu dochází k narušení asimilačního proudu, s časovou prodlevou je ovlivněna funkce kořenů a ve spojení s tím i transpirační proud.

Významnými původci poškození kořenů jsou houby, a to jak dřevní, tak i patogeni kambia. Kořeny poškozuje rovněž drobní savci, larvy hmyzu, savý hmyz – kořenové mšice. Z abiotických faktorů, které poškozuje kořeny, to jsou vlhkostní extrémy – a to jak sucho, tak i zamokření substrátu, které vede ke krátkodobé až dlouhodobé hypoxii.

U většiny rostlin, včetně dřevin, je citlivým místem kořenový krček. Již vyklíčené semenáčky jsou ohrožovány tzv. **padáním**. U starých stromů náleží hniloby báze kmene k jednomu z nejproblematictějších chorob z hlediska provozní bezpečnosti stromů. Narušení asimilačního i transpiračního proudu se pak nevratně projeví ve vitalitě koruny. Báze kmene je rovněž ohrožena mechanickým oděrem, např. strunovými sekačkami. U mladších rostlin mohou kambium kořenového krčku výrazně poškodit i nevhodně aplikované herbicidy.

Kmen představuje pro strom kromě funkce mechanické hlavní transportní cestu pro vodu a živiny směrem ke koruně a pro asimiláty opačným směrem. Dřevo kmenů je často narušováno širokou plejádou dřevních hub s různou životní strategií. Lze konstatovat, že řada těchto hub nevýznamně zasahuje do fyziologických funkcí dřeviny a rovněž mechanické narušení kmenů nemusí být fatální. Týká se to především těch hub, které rozkládají jádrové dřevo kmenů. Opačná situace nastává u druhů, které napadají bělovou část a jsou schopné v relativně krátké době narušit běl a kambium.



Příkladem první skupiny může být rezavec šikmý (*Inonotus obliquus*), u druhé je pak představitelem troudnatec kopytovitý (*Fomes fomentarius*). Odlišná je rovněž strategie hub bílého a hnědého tlení. Obecně lze konstatovat, že z hlediska životnosti stromu je fatální infekce především houbami hnědého tlení. Příkladem může být sírovec žlutooranžový (*Laetiporus sulphureus*). Pro kmen specifickou skupinou jsou vaskulární mykózy, které zahrnují houby, žijící ve vnitřních elementech bělí a dřeva. Tyto houby jsou známy rovněž jako tzv. tracheomykózy, vaskulární mykózy, resp. patogeni vaskulárních pletiv. V různém stupni narušují vodní provoz dřeviny. Typickým zástupcem je opět grafióza jilmů (*Ophiostoma ulmi*, resp. *Ophiostoma novo-ulmi*), případně původce vadnutí dubů *Ceratocystis fagacearum* v Severní Americe.

Borka kmene díky obsahu suberinů představuje krycí pletiva s výraznou ochranou před pronikáním potenciálních patogenů, především dřevních hub. Narušení borky je nejčastěji mechanického původu. Tvorba borky je narušována také houbami, které napadají kambium. Nejčastěji jde o původce rakovin jako *Nectria galligena*, *Giberella pullicaris*, *Cryphonectria parasitica* apod. Infekce těchto hub může být také následkem poškození pletiv sáním hmyzu, případně roztoči, a následnými nekrózami. Lýková a bělová část kmenů je také vyhledávána podkorním hmyzem. Ten je především v případě jehličnanů a rovněž některých listnáčů významným mortalitním stresorem.

Litorosty zajišťují konečnou distribuci vody a živin do míst spotřeby, a naopak odvádějí asimiláty. Řada patogenů a hmyzích škůdců se specializuje právě na relativně měkká pletiva litorostů. Početná je skupina patogenů kambia. Na litorostech se projevují různé symptomy vadnutí, spály, antraknózy apod. Na *Pinus nigra* se od poloviny 90. let. šíří infekce houby *Sphaeropsis sapinea*, která reaguje na predispozici dřeviny vlivem klimatických extrémů, zvláště pak sucha. U platanů se v některých letech projevuje antraknóza, způsobená houbou *Apiognomonina veneta*. U šejřků způsobuje odumírání litorostů bakteriální choroba *Pseudomonas syringae*.

Na rozdíl od zdřevnatělých pletiv kmene a kořenů jsou měkká pletiva listů náchylná k řadě houbových a bakteriálních chorob a žírům hmyzu, včetně poškození savým hmyzem a roztoči. U jehličnanů, zvláště pak u borovic, jsou jehlice postiženy sypavkami, kdy napadené jehlice opadávají. U listnáčů jsou běžné skvrnitosti typu svaštělky javorové (*Rhytisma acerinum*) na javorech, *Mycosphaerella maculiformis* na kaštanovnicích, případně dubech. Časté jsou bílé povlaky padlí (*Erysiphales*); na dubech padlí dubového (*Microsphaera alphitoides*), na javorech např. *Uncinula tulasnei*, *U. bicornis*, na révě např. *Uncinula necator* aj. Choroby asimilačního aparátu jsou časté především v letech s klimatickými extrémy a s vyšším úhrnem srážek v letních měsících. V posledních letech bylo na území střední Evropy zavlečeno několik významných druhů organizmů, které způsobují právě poškození listů. Nejznámější je motýl klíněnka jirovcová (*Cameraria ohridella*) zavlečená v polovině 90. let. Zavlečenou chorobou jehlic borovic je např. červená sypavka (*Mycosphaerella pini*), zavlečenou chorobou je rovněž švýcarská sypavka douglasky (*Phaeocryptopus gauemannii*), švýcarská sypavka douglasky (*Rhabdochline pseudotsugae*) aj.

Specifickou skupinou jsou choroby plodů. V rámci arboristické praxe mají minimální význam, pro školkařství však mohou představovat problém. Známá je například hlízenka žaludová na žaludech, nosatci apod. Některé choroby mohou esteticky poškodovat plody u dřevin okrasných svými plody. Týká se to především malvic růžovitých, ať již jde o hlohyně, okrasné jabloně apod.

Pronikání infekce

Projev symptomů choroby představuje kombinovaný efekt aktivity parazita, působení okolního prostředí a reakce infikovaného hostitele (EVANS, 1971). Přestože každý organismus je v každé časové jednotce napadán obrovským množstvím infekčních agens, úspěšnost této infekce je minimální.

Rostliny disponují systémem nespecifických i specifických obranných reakcí, kterými jsou schopny zvládat nápor patogenů. Efektivní jsou již strukturální obranné mechanismy, zvláště pak preinfekční, jako jsou krycí pletiva a jejich pokrytí kutikulárními vosky. U rostlin je možné pozorovat tvorbu postinfekčních strukturálních obranných mechanismů jako dediferenciace a rediferenciace pletiv. Příkladem je tvorba korkových vrstev se zvýšeným obsahem suberinu jako látky voskovité substance, která je pro patogenní organismy špatně proniknutelná.



K této skupině obranných reakcí náleží rovněž kompartmentace, kterou se v ochraně dřevin rozumí systém bariér, jimiž dřeviny oddělují poškozené nebo infikované pletivo od pletiva zdravého. SHIGO (1977) navrhl systém kompartmentace u dřevin, nazvaný CODIT, který se skládá ze čtyř bariér, které brání šíření patogenních organismů:

- 1) bariéra bránící vertikálnímu šíření tvorbou okluzí (ucpání) cév thylami,
- 2) bariéra bránící radiálnímu šíření směrem dovnitř (letokruhy),
- 3) bariéra bránící laterálnímu (tangenciálnímu) šíření dřeňovými paprsky,
- 4) bariéra, která se nově tvoří činností kambia jako reakce na poranění nebo infekci.

Model byl pro praktické potřeby popsán v prvním díle publikace v kapitole 13.3.2. Tento model má plnou platnost pouze v případě mělkých poranění a pronikání patogena, nejčastěji dřevní houby, v bělové části dřeviny. V jádrovém dřevě tyto bariéry schází, resp. se netvoří z důvodu absence živých parenchymatických buněk, které jsou v běli zastoupeny buňkami dřeňových paprsků, funkčními cévami, resp. cévicemi a meristémy kambia.

Mezi **nespecifické obranné mechanismy** náleží především tvorba kutikulárních vosků na listech a jehlicích, produkce klejoprskyřic, okluze, tvorba fenolických sloučenin, tvorba suberinové borky jako velmi efektivní strukturální nespecifické obranné reakce proti pronikání houbových patogenů i hmyzu.

Specifickými obrannými reakcemi dřevina reaguje na pronikání konkrétního patogena. Například po infekci některých houbových patogenů dřevina začíná produkovat látky, označované jako fytoalexiny, které v bazálním metabolismu netvoří. **Fytoalexiny** se vyznačují specifickým fungicidním účinkem a elicitorem jejich tvorby je právě pronikání houby do pletiv.

Pro vznik infekce je důležitý moment, kdy je rostlina schopna rozpoznat pronikajícího patogena a reagovat na vzniklý stav. Reakcí na infekci je v počáteční fázi syntéza nespecifických obranných sloučenin, v následné fázi jsou syntetizovány i sloučeniny specifické povahy, jejichž cílem je inaktivovat iritanty patogena a infekci lokalizovat.

Strukturální bariéry vesměs poskytují určitý stupeň ochrany, většinou je však rezistence rostlin závislá na chemickém složení pletiv a charakteru biochemických procesů, k nimž dochází v reakci na infekční agens. Nespecifickou reakcí je produkce exudovaných látek na povrchu pletiv, zvláště pak listů, jako např. kyselina gallová, kyselina jablečná, fenolické látky redukující cukry apod. Produkovány jsou rovněž inhibitory enzymů vylučovaných patogenem, látky antimikrobiální povahy, do kterých je možné u dřevin řadit již zmíněné fenoly, dále chinony, taniny, melaniny, lignin impregnující buněčné stěny dřevin, suberin borky aj. Zde je třeba poznamenat, že pouze omezená část organismů – výlučně dřevních hub – je schopna odbourávat, resp. detoxikovat lignin a rozkládat dřevo. Naopak dřevní houby nedisponují dostatečným množstvím polyesteráz k efektivnímu rozkladu suberinu a překonání suberinové bariéry borky dřevin.

Stres jako základ vzniku choroby

Nejrozsáhlejší poškození pletiv nastává v případě, kdy rostlina není schopna pronikajícího patogena identifikovat a adekvátně reagovat, nebo v případě, kdy rostlina nedisponuje dostatečným energetickým potenciálem k syntéze těchto vesměs energeticky velmi náročných sloučenin. První případ nastává v případě zavlečení **nového (náhlého) patogena**, který se vyvíjel v geograficky oddělené oblasti než hostitel. V rámci koevoluce se postupně nastolí rovnováha jak v populaci patogena, resp. hmyzího škůdce, tak i v patosystému hostitel – patogen. Populace patogena je vesměs řízena negativními zpětnými vazbami, které zajišťují široké skupiny hyperparazitů. U hmyzu jsou to především parazitické entomofágní houby, viry, bakteriózy, parazitické chalcidky a další skupiny hmyzu. U hub hrají významnou úlohu mykofágní houby, mykoviry, případně i roztoči. U hmyzu může nastolení nové úrovně rovnováhy trvat několik desetiletí a vesměs je závislé na regulaci populace škůdce negativními zpětnými vazbami. U hub může tato rovnováha v případě dřevin trvat desetiletí, po která se v rámci koevoluce a přírodního výběru formují a uplatňují nové obranné mechanismy. Příkladem u hmyzu může být například šíření klíněnky jírovcové (*Cameraria ohridella*). Po rychlém šíření, kdy vnitřní rychlost množení populace nebyla kontrolována žádnou chorobou, resp. parazitem či predátorem, se zvláště v populacích přezimujících kukel objevuje parazitace chalcidkami a patogenními houbami. Druhý případ je častý u dřevin pod různým stupněm stresové zátěže. Příkladem mohou být různé projevy chřadnutí dřevin.



Vznik choroby, resp. chřadnutí, je vysvětlováno mj. teorií stresu (MANION, 1981, MRKVA, 1991) a působením stresových faktorů – stresorů na dřevinu. Primární jsou v tzv. spirále **startující stresory**, kterými jsou nejčastěji klimatické faktory. Dochází k energetické zátěži rostliny v podmínkách mimo, resp. na okraji ekologického optima. Energetická produkce rostliny je snížena za současného zachování nutnosti energetických výdajů rostliny na růst, obranu, reprodukci, tvorbu zásobních orgánů apod. v rámci priorit pak dochází k nové distribuci energie ve formě asimilátů, kdy některé funkce rostliny jsou dočasně potlačeny. Zpomalení růstu může být projevem stresové zátěže, ale nemusí být zákonitě projevem špatného zdravotního stavu rostliny, která vydává zvýšenou část asimilátů na obranu. Naopak rychle rostoucí jedinci mohou upřednostňovat distribuci energie na růst před vlastní ochranou a v případě náhlého zvýšení stresové zátěže mohou zkolabovat. Na zvýšenou stresovou zátěž reagují **iniciační stresory**, jejichž pronikání do organismu se akceleruje právě díky zvýšené predispozici. U dřevin jsou iniciačními stresory houboví patogeni, kteří dále prohlubují dopady startujících stresorů. **Mortalitní stresory** se uplatňují jako agens, která mají přímou souvislost s odumřením dřeviny. Jako mortalitní stresory se mohou za jistých podmínek uplatňovat stejná agens, která v daných podmínkách sehrála úlohu iniciačních stresorů a stresorů predispozičních.

Příkladem k vysvětlení vztahu predispozičních, iniciačních a mortalitních stresorů může být situace u konifer, např. smrku, pěstovaného mimo oblast svého ekologického optima. Smrk je zde stresován především v důsledku nevhodných klimatických podmínek, zvláště pak klimatických extrémů, vysokých teplot, nízkého úhrnu srážek, četnými přísušky. Na poškození kořenů reaguje václavka jako iniciační stresor, jejíž hniloba dále poškozuje kořeny. Tím se dále omezuje možnost dřeviny přijímat vodu a živiny. Míra stresové zátěže se tak významně prohlubuje. Jako mortalitní stresor se zde může uplatnit václavka, a to v případě, kdy dojde v důsledku nedostatku vody a živin ke kolapsu dřevin a václavka se rychle rozšíří ve formě bílých syrovců pod kůrou. Mortalitním faktorem může být i podkorní hmyz, který využívá zvýšené predispozice dřevin stresovaných klimatickými vlivy i infekcí kořenového systému václavkou. Mortalitním stresorem může být rovněž porыв větru.

Teorie predispozičních stresorů se uplatňuje u naprosté většiny chorob dřevin, s výjimkou zavlečených chorob a gradujících populací hmyzu. U zavlečených chorob schází jakékoli regulační vazby patosystému. U hmyzu je pak populace řízena vnitřními faktory, které jsou vesměs nezávislé na hostiteli.

13. Původci bionóz na dřevinách

Původce chorob dřevin je možno nalézt prakticky ve všech organických říších (WHITTAKER, 1969). K původcům bionóz náleží:

nebuněčné biologické jednotky – viroidy, viry,

prokaryotické organismy – bakterie, rickettsie (RLO – *Rickettsia like organism*) a mykoplasmy, resp. fytoplasy (MLO – *Mykoplasma like organism*),

houbám podobná *Protista*,

houby a houbám podobná *Protista*,

- 1) cévnaté rostliny,
- 2) řasy, vesměs však pouze v tropických oblastech, kde parazitují na listech,
- 3) prvoci,
- 4) háďátka,
- 5) roztoči,
- 6) hmyz.

U dřevin představují nejvýznamnější problém bakterie, houby, cévnaté rostliny, hmyz a roztoči. V rámci péče o dřeviny ve městech je možné pozornost zúžit na některé skupiny hub a hmyz s přihlédnutím na několik druhů cévnatých rostlin.

13.1 Houby

Houby se vyvíjely jako destruenti organické hmoty z různých vývojových základů. Společným znakem je absorpce živin skrze buněčnou stěnu a cytoplazmatickou membránu. Nejsou schopny fotosyntézy, rovněž nemají vyvinuté žádné speciální vnitřní orgány k přijímání živin jako živočichové.



U některých se během evoluce vyvinuly specifické parazitické nebo symbiotické vazby. Z vývojového hlediska se jedná o samostatné vývojové větve, které dosáhly poměrně primitivního organizačního stupně. Tělo tvoří měňavkovitá buňka nebo různě dokonale organizované hyfy. Buněčná stěna hub je tvořena převážně glukomanany a chitinem, u houbám podobných *Protista* také celulózu.

Třídění hub je podle různých autorů velmi odlišné. Často bývají houby tříděny do čtyř skupin, většinou postavených na úroveň oddělení – hlenky (*Myxomycota*), plísňe buněčkové (*Chytridiomycota*), plísňe vaječné (*Oomycota*) a vlastní houby (*Eumycota*).

V některých starších systémech jsou plísňe buněčkové (*Chytridiomycetes*) a plísňe vaječné (*Oomycetes*; tyto dvě třídy jsou někdy označovány jako *Mastigomycotina*) řazeny spolu s plísněmi spájkivými (tř. *Zygomycetes*) do společného oddělení *Phycomycophyta* – plísně.

V současnosti jsou hlenky (*Myxomycota*), nádorovky (*Plasmodiophoromycota*, *Labyrinthulomycota*), plísňe vaječné (*Oomycota*, *Hyphochytridiomycota*) a plísňe buněčkové (*Chytridiomycota*) řazeny do říše *Protista* a označovány jako houbám podobná *Protista*. Do říše *Fungi* jsou řazena oddělení houby spájkivé *Zygomycota* (třídy *Zygomycetes* a *Trichomycetes*), houby vřeckovýtrusé *Ascomycota* (*Ascomycetes*, *Endomycetes*), houby stopkovýtrusé *Basidiomycota* (*Basidiomycetes*, *Ustomycetes*) a houby nedokonalé *Deuteromycota* jako skupina hub, u nichž nejsou známa pohlavní stadia rozmnožování a nelze je tedy spolehlivě zařadit. Houby, řazené nyní do říše *Fungi*, jsou v některých systémech označovány jako houby vlastní (*Eumycota*).

Mezi houbami jsou organizmy, které působí řadu chorob asimilačního aparátu, ať již jde o padlí, listové skvrnitosti, sypavky. Houby jsou také původci poškození kambia, chorob vaskulárního aparátu apod. z hlediska koloběhu uhlíku je významná skupina dřevních hub, které jako jediné organizmy jsou schopny rozkládat lignin. K houbovým patogenům dřevin náleží jak houby stopkovýtrusé (*Basidiomycota*), tak i houby vřeckovýtrusé (*Ascomycota*), případně houby nedokonalé (*Deuteromycota*).

13.1.1 Morfologie hub

13.1.1.1 Vegetativní struktury hub

Stélka (*thallus*) hub je ve srovnání s cévnatými rostlinami charakteristická jednoduchou stavbou a není diferencována v pravá pletiva. Vegetativní část stélky je u výše organizovaných hub zpravidla tvořena rozvětvenými, mnohobuněčnými hyfami. Buňky hyf jsou jednojaderné, tvořené buď haploidním nebo diploidním jádrem. U hub stopkovýtrusých převládá u vegetativních hyf fáze dikaryotická, kdy je buňka tvořena párem haploidních jader, které spolu fúzí v plodnicích za vzniku diploidní mladé bazidie, ve které následuje meióza, mitóza a tvorba haploidních spor. V buněčných stěnách převládá chitin, β -glukan a glukomannany. Zásobní látkou je glykogen a látky tukové povahy.

Hyfy se diferencují na vegetativní mycelium a na morfologicky odlišné reprodukční plodnice nebo stromata s výtrusorodou vrstvou. Rozmnožovacími útvary jsou jednobuněčné nebo mnohobuněčné výtrusy (spory) vzniklé pohlavní nebo nepohlavní cestou, které v příhodných podmínkách nejprve nabobtnají a potom vyklíčí.

Primární mycelium je složeno z haploidních jednojaderných buněk a vyrůstá z vyklíčené spory. Sekundární mycelium hub stopkovýtrusých vzniká následně splnutím dvou pohlavně různě laděných primárních mycelií a představuje vlastní vegetativní tělo houby. Sekundární mycelium dřevních hub se vyskytuje ve formě substrátového a povrchového mycelia. Substrátové mycelium proniká do dřeva, které je následkem produkce extracelulárních enzymů rychle rozkládáno a prostřednictvím tenkostěnných hyf z něj houba absorbuje jednoduché cukry i další živiny. Povrchovým myceliem se houba rozšiřuje a rozrůstá do plochy. Obvykle je stavěno z širších hyf se ztloustlými buněčnými stěnami.

Především u biotrofních parazitů rostlin lze pozorovat různé funkční modifikace hyf. Původně tenká hyfa se na hostitelské buňce rozšiřuje a přichycuje k povrchu terčíkem – appresoriem, který intracelulárně zapouští do buňky penetrační hyfu. Ta se uvnitř buňky větví na tenká vlákna – haustoria.



13.1.2 Modifikace mycelia

13.1.2.1 Syrocia

Mycelium některých druhů se shlukuje v bílé plošné útvary – syrocia. Pod kůrou odumírajících jehličnanů tvoří václavky bílé vějířovité útvary – syrocia. Podobné, až 10 mm silné, útvary v lýku tvoří v trhlínách hniloby rovněž mycelium troudnatce korytovitého (*Fomes fomentarius*). Syrocium tvoří rovněž sírovec žlutooranžový (*Laetiporus sulphureus*), václavky (*Armillaria* spp.) a některé další houby.

13.1.2.2 Thallorhizy

Hyfy některých druhů se shlukují do myceliálních provazců označovaných jako thallorhizy, stmelených lepkavou hmotou vyloučenou buňkami. Rostou především ve dřevě, silně zetlelém dřevě, v půdě apod. z budov i z hniloby jehličnatého dřeva v lese jsou známy až 1 cm silné provazce u dřevomorky domácí (*Merulius lacrymans*), které se mohou táhnout i několik metrů. Podobné útvary tvoří některé houby břichatkovité *Gasteromycetales* jako např. pýchavka hruškovitá (*Lycoperdon pyriforme*), hadovka smrdutá (*Phallus impudicus*), psivka obecná (*Mutinus caninus*) aj.

13.1.2.3 Rhizomorfy

Rhizomorfy rostou pouze na špičce, která je tvořena apikálním meristémem, na němž je možné rozlišit tři zóny: zónu vstřebávání živin, prodlužovací zónu a vrcholovou čepičku. Středem provazce prochází dutinka, jež slouží k rozvodu kyslíku k metabolicky aktivnímu myceliu, což umožňuje částečný růst mycelia i v podmínkách anaerobního prostředí. Rhizomorfy slouží houbám k šíření v prostředí mimo vlastní živný substrát, k překonávání nepříznivého období. Jsou rovněž významným prvkem patogenity, kdy i mechanicky pronikají kořenovou kůrou do kořenů a způsobují infekci. Rhizomorfy jsou dvojího typu. Podkorní rhizomorfy václavek, především václavky hlízovité (*Armillaria gallica*) a václavky drobné (*Armillaria cepistipes*), se šíří pod kůrou ve formě černých síťovitých útvarů a byly již Hartigem, zakladatelem lesnické fytopatologie, označovány jako *Rhizomorpha subcorticalis* a pod tímto jménem dříve uváděny jako samostatný druh. Často se přetváří z podkorního syrocia. V půdě se šíří spíše lineární provazcovité rhizomorfy, označované jako *Rhizomorpha subterrenae*. Ty jsou typické především pro václavku smrkovou (*Armillaria ostoyae*). Struktura rhizomorf je morfologicky odlišná od thallorhiz, především svou morfologickou diferenciací jako např. charakterem vzrůstného vrcholu, který připomíná meristém rostlin.

Struktury rhizomorf a jejich funkce

Struktura	Funkce
Slizová pochva vrcholu	ochrana vrcholu a usnadnění pronikání rhizomorf v půdě
Centrální část apexu	je spojována s tvorbou slizu zahrnuje centrální meristem, odpovědný za růst rhizomorfy
Ochranné buňky apexu	ochrana centrální části apexu
Boční meristem	zajišťuje boční růst za apexem
Melanizovaný kortex	vnější vrstva rhizomorfy za apexem, která vzhledem k impregnaci buněčných stěn zajišťuje ochranu vnitřních částí rhizomorfy před napadením jinými houbami a bakteriemi
Vrstva pod kortexem	sekundární meristem, zajišťující boční růst
Medula	zajišťuje transport rozpuštěných živin je tvořena velkými buňkami
Pory	zajišťují dýchání partie buněk rhizomorf, která usnadňuje příjem kyslíku



13.1.2.4 Sklerocia

Některé druhy hub, jako např. chorošovník oříš (*Polyporus umbellatus*), tvoří kulovité dormantní útvary sklerocia s tukovými zásobními látkami pro tvorbu plodnic. Podobná syrrocia je možné najít i u dalších parazitů kořenů. Významná je tvorba sklerocií u rodu hlízenka (*Sclerotinia* spp.), které parazitují na kořenech řady bylin. Například u hlízenky sasankové (*Sclerotinia tuberosa*), která parazituje na oddencích sasanek, se tvoří v substrátu u oddenků cca 5–10 mm velké kulovité orgány, ze kterých v jarních měsících vyrůstají terčoplodé plodnice.

13.1.2.5 Pseudosklerocia, pseudostromata

Hniloba některých dřevních hub je ohraničena tmavými liniemi, které jsou tvořeny melanizovaným myceliem. Jde o pseudosklerocia, která ohraničují aktivní část hniloby a regulují teplotní, vlhkostní i plyné poměry v ohraničené části. Tato pseudosklerocia v hnilobě tvoří již zmíněné václavky (*Armillaria* spp.), některé druhy ohňovců jako ohňovec obecný (*Phellinus igniarius*), ohňovec Hartigův (*Phellinus hartigii*) aj.

Pro vřekovýtrusé tvrdohouby jsou typické melanizované pseudostromatické útvary tvořící ve dřevě černé linie, resp. plošné útvary, ohraničující část hniloby, jako např. u dřevomoru kořenového (*Hypoxylon deustum*). Tato pseudosklerocia vznikla stmelením hyf s vyšším podílem melaninů.

13.1.2.6 Ozonium

Specifickou modifikací mycelia jsou žlutorezavé štětinaté hyfy vzdušného mycelia – ozonií, které vytvářejí některé hnojníky (*Coprinus* spp.) jako např. *Coprinus domesticus*.

13.1.3 Plodnice hub

Plodnice jsou fruktifikačním orgánem hub, na kterých se tvoří pohlavní i nepohlavní výtrusy – spory. K iniciaci zárodků plodnic – primordií – dochází následkem vývojových změn vegetativního mycelia hromaděním metabolitů, genetickou podmíněností za současného vlivu prostředí jako je teplota, vlhkost, pH, koncentrace organických látek v prostředí apod. u parazitických hub je uvažována i vazba na metabolismus hostitele, kdy např. někteří patogeni asimilačního aparátu reagují na změněný stav pletiv indukci tvorby plodnic, resp. se tvoří morfologicky odlišné plodnice. Zřejmý je tento stav např. u sypavek, kdy se na živých jehlicích tvoří plodnice produkující konidie, plodnice produkující askospory se tvoří převážně až na jehlicích odumřelých. Podobné souvislosti je možné pozorovat i u některých dřevních hub. Například u rezavce šikmého (*Inonotus obliquus*) se na bříze po celý infekční cyklus tvoří pouze plodnice produkující nepohlavní výtrusy, v tomto případě chlamydospory. Plodnice produkující bazidiospory se tvoří až po odumření hostitele nebo jeho části.

13.1.3.1 Imperfektní a perfektní plodnice

Z hlediska vztahu k tvorbě plodnic jsou rozlišovány dva typy plodnic. Plodnice teleomorfní (perfektní) se tvoří v souvislosti s tvorbou pohlavních rozmnožovacích útvarů. U hub stopkovýtrusých se na teleomorfních plodnicích tvoří bazidiospory. Ty vznikají po předchozí karyogamii jader (splývání haploidních jader) na dikaryotickém (dvoujaderném) myceliu a následném meiotickém (redukčním) dělení následovaném dělením mitotickým, které dá základ vzniku haploidních spor. U hub vřekovýtrusých se tvoří tzv. dikaryotické askogenní hyfy, na jejichž konci vzniká mladé vřecko, v němž dochází ke karyogamii a tvorbě askospor. Nepohlavní, tzv. anamorfní, resp. imperfektní, plodnice dávají vzniku nepohlavních výtrusů, konidií, chlamydospor a oidií. U některých rodů dřevních hub, jako např. někteří rezavci (*Inonotus* spp.), je častým jevem tvorba anamorfních plodnic s produkcí chlamydospor. Rovněž většina dřevních vřekovýtrusých hub tvoří plodnice anamorfního stadia, které mohou být i totožné s plodnicemi stadia perfektního, když se nejdříve tvoří imperfektní plodnice produkující konidie, a poté se na této plodnici tvoří thecium s tvorbou askospor. Příkladem je např. velmi běžný dřevomor kořenový (*Ustulina deusta*), který tvoří od konce dubna šedozelené plodnice, jež produkují konidie, od května se pak tyto plodnice přeměňují ve stromat s peritecií, ve kterých se uvolňují askospory.



13.2 Poloparazitické rostliny

Poloparazitické rostliny jsou specifickou skupinou autotrofních organizmů, které využívají z hostitele vodu a živiny. Většina je schopna samostatné fotosyntézy. U nás jsou poloparazitické rostliny zastoupeny ochmetem evropským (*Loranthus europaeus*) na dubech a na kaštanovníku a několika poddruhy jmelí (*Viscum album*) na jedlích, borovicích a listnáčích. Na jihu Španělska se ještě vyskytuje na některých dřevinách *Viscum cruciatum* s červenými plody. Poloparazitické rostliny poškozují hostitele především vytranspirováním, kdy otvírání průduchů poloparazita není regulováno a průduchy zůstávají otevřeny i v období přisušků. Na dřevinách parazitují i další rody poloparazitických rostlin – *Arceuthobium* spp., *Striga* spp. aj. Na kořenech habrů, lip a olší parazituje například podbílek šupinatý (*Lathraea squamaria*). Ve školách, kulturách a vrbovnách je možné zmínit rovněž kokotice (*Cuscuta* spp.).

13.3 Roztoči

Specifická skupina organizmů, která poškozují rostliny posátím pletiv. Rozšířené jsou zejména svilušky. Problémy způsobují zvláště ve skleníkových kulturách a ve školkách. V okrasném sadovnictví jsou svilušky problémem především pro konifery. Na svilušku smrkovou (*Oligonychus ununguis*) jsou citlivé zvláště kultivary *Picea glauca* var. *conica*.

13.4 Hmyz

Hmyz obývá nejrozmanitější prostředí naší planety. Najdeme jej na zemi, ve vzduchu i ve vodě. Všudypřítomná existence hmyzu dokazuje jeho znamenitou schopnost přizpůsobit se široké škále životních podmínek. Schopnost obývat tak rozmanité prostředí je způsobena jeho morfologickými, anatomickými a fyziologickými adaptacemi, které jsou často patrné na první pohled. Je to především tvar těla a jeho povrchové struktury, různé trny, sety, bradavky, ale i voskové povlaky apod. Adaptace hmyzu také spočívá ve způsobu přijímání potravy, která je rostlinného nebo živočišného původu.

Z pohledu rostlin je významnou skupinou především hmyz listožravý, tzv. defoliátoři, podkorní, kambioxylofágní a savý. Zvláště savý hmyz výrazně zasahuje do fyziologických pochodů dřevin. Masový nálet savého hmyzu působí nekrotizaci pletiv, pronikání vzduchu do pletiv a následné sekundární infekce houbovými patogeny. Nebezpečné jsou zvláště mšice (*Aphidinea*), zejména kořenové, mery (*Psyllinea*) a červci (*Coccinea*). Listožravý hmyz zmenšuje asimilační plochu, čímž omezuje množství asimilátů a narušuje transpirační proud. K této skupině hmyzu je možné přiřadit rovněž minující hmyz, jehož larvy vyžirají pletiva listů. Mezi nejvýznamnější defoliátory patří bekyně (*Lymantriidae*), píďalky (*Geometridae*) a chrousti (*Melolontha* spp.). Podkorní hmyz vyžirá lýkovou část živých dřevin. Jsou to především kůrovci (*Scolytidae*), obzvláště lýkožrout smrkový (*Ips typographus*) je významným mortalitním faktorem v případě smrku. Řada druhů podkorního hmyzu je významnými vektory řady vaskulárních mykóz, z nichž nejznámější je spojení grafiozy jilmu (*Ophiostoma ulmi*) s bělokazy (*Scolytus* spp.).

13.4.1 Ekologie hmyzu

Hmyz (*Insecta*) je druhově nejbohatší třídou živočišné říše (*Animalia*). I když se počet popsáných druhů blíží milionu, skutečné množství se dá jen těžko odhadnout. Každoročně je popsáno několik desítek nových druhů. Ani na našem území neznáme zastoupení některých skupin zcela přesně. Buď nebyly na našem území dosud popsány, anebo sem imigrovaly z okolních, převážně jižně situovaných států. Výskyt jednotlivých druhů hmyzu je dán prostředím, respektive faktory, které toto prostředí utvářejí. Jedná se o činitele, které umožňují danému druhu na daném stanovišti existovat, zajišťují stálost potravy, které umožňují rozmnožování apod. Jsou však i takové, které působí na postupné morfologické či etologické změny organismů. Faktory životního prostředí se dělí na dvě základní skupiny: na faktory abiotické a faktory biotické. Do skupiny abiotických faktorů řadíme činitele klimatické, hydrické a edafické.

Velký význam pro aktivitu hmyzu a jeho fyziologii má světlo. Vztah jednotlivých druhů ke světlu je různý. Mnohé potřebují světlo k vidění a orientaci, jiné světlo doslova nesnášejí a skrývají se před ním pod kameny, v půdě apod. Velký význam má především světelná intenzita a délka dne a noci. Např. mnohé druhy housenek s příchodem pozdních letních a podzimních zkracujících se dnů opouštějí koruny stromů, přestože jsou ještě olistěny, a zalézají do půdy k přezimování. Světlo významně ovlivňuje také diapauzu hmyzu, což je přirozené přerušení vývoje. Primárním zdrojem světla na zemi je slunce, které však zároveň ovlivňuje i teplotu.



Teplota prostředí má pro hmyz doslova existenční význam, neboť působí na všechny jeho životní projevy. Hmyz, stejně jako plazi, patří mezi poikilotermní – studenokrevné – živočichy, kteří si nejsou schopni udržet prostřednictvím bazálního metabolismu stálou teplotu těla, čímž jsou zcela odkázáni na teplotu okolního prostředí. Ta, společně s mnoha fyziologickými procesy, ovlivňuje především aktivitu hmyzu, jeho příjem potravy a metabolismus. Teplota ovlivňuje chování hmyzu i během dne. Každý má svou „optimální“ teplotu, při které se začíná líhnout, létat nebo pářit. Úhrn teplot rovněž způsobuje, že se různé druhy hmyzu líhnou v jiných ročních obdobích. Tak je v ekosystémech zajištěn nepřetržitý dostatek opylovačů a potravy. Teplota má také vedle dostatku potravy rozhodující vliv na délku života a tvorbu a množství vajíček. Ovlivňuje též utváření tělesné stavby některých druhů blanokřídlých, dvoukřídlých či motýlů, u kterých je pak různá velikost či délka křídel apod. Stejně jako světlo, i teplota ovlivňuje u některých druhů jejich diapauzu.

Neodmyslitelnou roli v životě hmyzu hraje voda, jež je médiem mnohých látek, které rozvádí po celém těle. Je získávána potravou, skrz pokožku, z vodních par nebo dokonce chemickým rozkladem zásobních látek, některých tuků, cukrů i bílkovin. Vlhkost má velký vliv na populační dynamiku hmyzu, neboť při velkém suchu může značné množství vajíček, larev i kukel zaschnout a zemřít. Avšak i nadbytek vody může na některé populace působit negativně. Např. dlouhotrvající deště mohou u podkorního hmyzu způsobit bobtnání a úhyn larev a kukel. Vajíčka i larvy mohou zničit plísňe či podhouby jiných hub, housenky bývají z korun stromů sráženy kroupami na zem, kde hynou, apod.

V ekosystémech je z hlediska šíření hmyzu velice významné vzdušné proudění. Větrné proudy mnohdy šíří notné množství hmyzích druhů na značné vzdálenosti. Vzduch však také rozvádí teplo a svým pohybem ovlivňuje mikroklima, což často nutí hmyz hledat příznivější stanoviště. Hmyz je neodmyslitelně spjat s půdou. Některé druhy v půdě pouze přezimují, jiné se v ní kuklí, některé v půdě prodělávají celý svůj vývoj a např. bezkřídlí jsou s ní spojeni trvale. Aby byl hmyz v půdě přítomen, musí půda splňovat několik základních kritérií. Jedná se především o odpovídající půdní vlhkost, vhodné provzdušnění a dostatečné množství potravy. Nebezpečné jsou pro hmyz přísušky. Proto jsou některé larvy a kukly chráněny zámoťkou či silnou pokožkou. Jiné, např. některé housenice blanokřídlých, jsou v takových případech nuceny zalézat do větších hloubek.

Výskyt hmyzu souvisí i s faktory trofickými, potravními. Některý hmyz, tzv. monofágní, je potravně vázán na jediného hostitele. Nemůže se tedy vyskytovat v oblastech, kde jeho hostitel neroste či nežije. O mnoho snazší to má hmyz polyfágní, jenž je schopen se uživit na širokém spektru hostitelů. Hmyzí společenstva významně ovlivňuje nejen výskyt hostitelů, ale i jejich množství. Je-li málo vhodných hostitelů, zpravidla nedochází k výraznému přemnožení hmyzu. Populační dynamiku ovlivňuje rovněž predace, která může být vnitrodruhová, mezidruhová, v rámci jednotlivých skupin hmyzu nebo vyššími živočichy.

Nezanedbatelnou úlohu v životě hmyzu hraje vzájemná parazitace a patogenní organizmy. Hmyz může být parazitován na povrchu těla, tzv. ektoparazity, nebo uvnitř těla, tzv. endoparazity. Mezi nejznámější parazity patří lumci (*Ichneumonidae*), lumčící (*Braconidae*) a mnohé čeledi chalcidek.

Mezi patogenní organizmy patří:

- viry, původci viróz, jež se rychle šíří a razantně snižují nebezpečné gradace hmyzu,
- rickettsie, kterými – přestože žijí s hmyzem spíše v symbióze – trpí např. ponravy chroustů,
- bakterie způsobující různé bakteriózy – některé se využívají k biologickému boji, např. *Bacillus thuringiensis*,
- entomofágní houby, které svými vlákny vyplňují těla hmyzu, do kterých pronikají tělními otvory či proražením pokožky,
- prvoci, kteří v podobě spory pronikají do těla hmyzu nejčastěji s potravou a parazitují v krevní soustavě nebo příhodných orgánech,
- entomoparazitické hlístice a strunovci.

Hmyz má vlastně velké množství přirozených nepřátel.



13.4.2 Užitečný hmyz

Hmyz je odpradávná nedílnou součástí naší planety a považovat jej pouze za obtížný by byl veliký omyl. Hmyz je v první řadě nepostradatelnou složkou všech ekosystémů. Nejenom lesních a zemědělských, ale i městských či dokonce vodních. Bez opylovačů – a že je mezi hmyzem celá řada specialistů, bez nichž by mnohé druhy rostlin nemohly vůbec existovat – by nemohl fungovat žádný současný terestrický ekosystém. Snad jen ekosystémy sopečných kráterů a některých jeskyní se sirmými bakteriemi.

Skrze opylování zajišťuje hmyz, společně s některými ptáky, netopýry a dalšími drobnými savci, primární produkci biomasy. Jedná se zejména o autotrofní organizmy produkující kyslík a poskytující obrovské množství energie v potravních řetězcích. Hmyz je však v potravních řetězcích rovněž nepostradatelný jako jejich přímá součást. Je potravou mnohých savců, ptáků, ryb, plazů, obojživelníků a samozřejmě že i hmyzu samotného. V poslední době se hmyz stává i populární potravou člověka.

Ať už si to uvědomujeme, či ne, jsme na hmyzu existenčně závislí. Řada z nás může namítnout: Když jsme tedy na hmyzu tak závislí, proč proti němu tolik bojujeme? Proč nám škodí? Na místě je však zcela jiná otázka: Je hmyz skutečně tak škodlivý, jak se nám zdá?

Ze současného množství známých druhů, přibližně kolem 1 000 000, poškozuje plodiny či přenáší choroby pouhá 1/10 z nich. Z těchto 100 000 druhů je ekonomicky škodlivá opět méně než 1/10. Dostáváme se tedy k závěru, že opravdu škodlivé je pouhé 1 % hmyzu. Škodlivé je **však** pouze v očích člověka.

Kdysi v pravěku hmyz nezřídka zajišťoval člověku přísun živočišných tuků. Byl jím tedy často vyhledáván. Člověk se ale po několika tisících let zdokonalil natolik, že osídlil téměř celou planetu. Svou činností narušil základní vztahy v přírodě, čímž umožnil neuvěřitelné namnožení některých druhů hmyzu. Kdysi se býložravý hmyz živil pouze divokou vegetací, ve které živná rostlina málokdy tvořila souvislé porosty. Hledání potravy tak bylo obtížné a nebezpečné. Člověk však začal některé druhy rostlin postupně kultivovat a intenzivně pěstovat. Samozřejmě hledal rostliny s co největší úživnou hodnotou. Ta ovšem působila blahodárně i na hmyz, zejména na jeho plodnost. A tak se postupem času kdysi celkem bezvýznamný hmyz stal obávaným nepřítelem člověka.

Nesmíme však zapomenout, že 99 % hmyzu v zásadě neškodí, ba dokonce některé druhy či skupiny jsou vysloveně užitečné. Bohužel, bojem proti škůdcům často nevědomky ničíme celé jejich populace. Málokterý chemický přípravek je účinný pouze na daný organizmus. Naopak, velká většina pesticidů působí na mnoho dalších, často velmi užitečných druhů. Používáním těchto přípravků na konkrétní škůdce tak často odstraňujeme z přírody jejich přirozené nepřátele. Narušujeme tak nejen potravní řetězce a přirozenou stabilitu ekosystému, ale snižujeme také druhovou diverzitu, čímž ochuzujeme naše přírodní bohatství.

Užitečný hmyz lze přitom často velmi snadno využít ve vlastní prospěch. Poznání vzhledu a způsobu života je základním krokem pro jeho podporu a ochranu. Ta vesměs spočívá v péči o přirozená stanoviště a v uvážlivém používání insekticidů, neboť většina hmyzu je velmi citlivá vůči širokospektrálním přípravkům.

14. Dřevní houby

Z hlediska stability stromů v parcích jsou nejvýznamnější skupinou organizmů na dřevinách dřevní houby jako organizmy, které jsou schopné kompletně rozkládat lignocelulózy dřevní hmoty. Dřevní hmota je z hlediska biodiverzity substrátem, na který je odhadem vázána až ½ suchozemských organizmů. Z hlediska arboristiky jako oboru, který se věnuje péči o dřeviny, je významných pouze několik druhů dřevních hub. Pouze malá část dřevních hub je schopna infikovat živé stromy a z nich pouze část se výrazně podílí na zhoršení funkční stability stromů. Každý z těchto druhů dřevních hub má svou strategii, která se projevuje v různé míře rychlosti poškození dřeviny, pokud jsou vůbec projevy poškození zřejmé. Pro pochopení úlohy dřevních hub a prognózu dalšího možného vývoje dřeviny s infekcí je nutné vedle přesné identifikace organismu zvládnout jejich fyziologii a ekologii.

Dřevo rozkládají některé houby stopkovýtrusé (*Basidiomycetes*) z řádu lupenaté (*Agaricales*) a řádu *Aphylllophorales*. Marginálně se rozkladu dřeva účastní některé druhy z řádu břichatkovitých (*Gasteromycetales*), rosolovkovitých (*Tremellales*), kropilkovitých (*Dacrymycetales*) a bolcovitkovitých (*Auriculariales*).



Pouze několik zástupců dřevních hub náleží mezi houby vřeckovýtrusé (*Ascomycetes*). Příkladem mohou být zástupci z čeledi dřevnatkovité (*Xylariaceae*), jako např. rod *Hypoxylon*, *Ustulina*, *Xylaria*. Dále jsou zde zastoupeny převážně saprofytické dřevní houby z řádu voskovičkotvaré (*Helotiales*). Houby z rodu *Gibberella*, *Nectria* (čeleď *Nectriaceae*) a *Lachnellula* (čeleď *Hyaloscyphaceae*) primárně poškozují kambium, způsobují rakoviny kmenů a větví, dřevo však nerozkládají.

Specifickou skupinu tvoří saprofytické dřevní houby, řazené do říše houbám podobných (*Protista*), třída hlenek (*Myxomycetes*). Běžné je např. vlčí mléko obecné (*Lycogala epidendrum*) či slizovka tříslová (*Fuligo septica*). Přestože je vazba na dřevní nebo kůrové substráty zřejmá, tyto organizmy jsou schopny rozkládat pouze celulózu, nikoli lignin.

Efektivní ochranou dřevin je neporušená kůra a její nejsvrchnější část – borka, skládající se mj. ze suberinu a dalších voskovitých substancí. Borka brání pronikání houbové infekce, je schopna inhibovat i růst houbových hyf na svém povrchu. Borka obsahuje cca 20 % celulózy, relativně vysoký podíl tříslovin a suberinové impregnace v buněčných stěnách. Borka našich běžných dřevin obsahuje od 2 do 9 % suberinu, některé duby však obsahují až 40 % suberinu. Suberin je látka tukové povahy, tvoří impregnaci buněčných blan korkového pletiva (suberodermu), která je součástí druhotné kůry (peridermu). Nativní suberin je houbami nerozložitelný. Dřevní houby neobsahují dostatečné množství polyesteráz, které by mohly voskovou strukturu suberinu narušit.

Dřeviny produkují některé účinné látky, které působí na hyfy hub inhibičně, nebo přímo toxicky. Některé tyto látky mohou velmi účinně zastavit, nebo alespoň zpomalit rozrůstání mycelia. Jedná se především o látky fenolické povahy, pryskyřice, gumy, třísloviny a jiné látky, které jsou ve dřevu obsažené zpravidla v nepatrném množství. Ukládání těchto látek ve kmeni není rovnoměrné a jejich obsah se v průběhu života stromu mění. Vzhledem k tomu, že se ukládají ve kmeni postupně, dosahují nejvyšší koncentrace v nejstarších částech kmene, tj. v jádrovém dřevě. Naopak bělové dřevo těchto látek obsahuje podstatně méně. Jsou zde však zastoupeny živé parenchymatické buňky, které jsou schopné reagovat na pronikající infekci a bránit jejímu šíření. Živé buňky produkují v průběhu pronikání infekce skupinu specifických látek, tzv. fytoalexinů, účinných proti pronikajícím houbovým infekcím. Také vyzrálé dřevo obsahuje v menší míře řadu chemických látek bránících rozkladným procesům hub. Tyto látky byly ukládány činností parenchymatických buněk. Např. severoamerická *Thuja plicata* obsahuje ve dřevu thujidin, který je proti napadení dřevními houbami natolik účinný, že rozklad padlých kmenů může trvat až 100 let.

Specifickou skupinou jsou dřevní houby na dubech z důvodu obsahu taninu a tříslovin ve dřevě dubu. Řada dřevních hub, které rozkládají dřevo, jsou ve vztahu k dubu monofágní, resp. stenofágní, právě z důvodu složení dřeva dubů. S ohledem na podobné složení dřeva se dřevní houby specifické pro duby vyskytují rovněž na *Castanea* spp. a *Castanopsis* spp. v tropických oblastech je spektrum dřevních hub na dubech shodné s dřevními houbami na rodu *Lithocarpus* a podobné spektru hub z čeledi *Dipterocarpaceae*. Některé houby typické pro duby můžeme najít i na *Robinia* sp. Hostitelské spektrum ohňovce statného (*Phellinus robustus*) tvoří právě duby, kaštanovníky a akát. Druhově specifickou dřevní houbou je také sítkovec dubový (*Daedalea quercina*), kožovka rezavá (*Hymenochaete rubiginosa*), pstřeň dubový (*Fistulina hepatica*) aj. Naopak jiné druhy mají široké hostitelské spektrum – některé druhy infikují jak listnáče, tak i jehličnany. Příkladem mohou být václavky (*Armillaria* spp.), troudnatec pásovaný (*Fomitopsis pinicola*), na listnatých dřevinách pak dřevomor kořenový (*Ustulina deusta*), troudnatec kopytovitý (*Fomes fomentarius*) aj.

V rámci substrátové specifity některých dřevních hub je možné najít výrazné rozdíly v afinitě k exotickým dřevinám. Zatímco některé cizí druhy dřevin jsou napadány dřevokaznými houbami méně než dřeviny domácí, jiné introdukované druhy mohou být napadány naopak intenzivněji. Důvodem může být nedostatečná adaptace patogenů, v opačném případě zvýšená stresová zátěž dřeviny v novém prostředí. Příkladem může být *Ginkgo biloba*, které v našich podmínkách není infikováno prakticky žádnou dřevní houbou. Na druhé straně např. introdukované duby jsou ve srovnání s domácími druhy infikovány dřevními houbami ve zvýšené míře.



14.1 FYZIOLOGIE a BIOLOGIE DŘEVNÍCH HUB

14.1.1 Podmínky růstu dřevních hub

14.1.1.1 Acidita substrátu (pH)

Dřevní houby žijí zpravidla v prostředí, které je kyselé povahy. Optimum většiny těchto hub se pohybuje kolem hodnoty pH 5 a nižší (SCHÄNDEL, 1999). Tak např. václavky (*Armillaria* spp.) regulují aciditu dřeva na hodnotu kolem pH 4 (resp. pH 3,7–4,7).

Houby hnědého tlení regulují aciditu k nižším hodnotám více než houby bílého tlení. Houby bílého tlení, obzvláště parazitické, rostou nejlépe za takových podmínek, které jsou v rostoucím stromu obvyklé, přestože na počátku substrát poněkud okyselují, v pozdější době se acidita vrací k původní hodnotě.

Houby hnědého tlení nápadně a trvale substrát okyselují a rostou také nejlépe v prostředí mnohem kyselejším než houby bílého tlení. Produkují často značné množství organických kyselin. Tak např. *Coniophora puteana*, která silně okyseluje substrát, produkuje vedle kyseliny mravenčí, octové a oxalové také velké množství kyseliny citronové (RYPÁČEK, 1957).

Parazitické houby zasahují specifickými produkty svého metabolismu i do metabolismu hostitele (stromu) a vyvolávají v něm obdobné změny v regulaci pH, jaké byly pozorovány v procesech odumírání. Schopnost stromu regulovat pH je proto citlivým indikátorem jeho vitality (RYPÁČEK, 1957).

14.1.1.2 Teplota

Většina dřevních hub žije v podmínkách širokého teplotního rozmezí a patří mezi organizmy eurytermní s poměrně velkou termotolerancí. Každá dřevní houba vyžaduje určité teplotní rozmezí, jež je dáno důležitými kardinálními body teplotního minima, optima a maxima. Při optimální teplotě dosahuje dřevní houba nejrychlejšího růstu, množení a metabolické aktivity. Naopak při minimální či maximální teplotě se životní projevy zastavují a po překročení této teplotní hranice může dojít až k uhynutí patogena. Druhy hub se liší teplotními pásmy růstu a teplota optimální je pro každý druh specifická. Teplotní optimum se u dřevních hub pohybuje nejčastěji kolem 26°C. Podle teplotního optima rozlišujeme dřevní houby vyžadující nízké teploty v rozpětí 20–24°C (např. *Coniophora puteana* a *Merulius lacrymans*, *Armillaria* spp.), střední teploty v rozpětí 24–32°C (např. *Pleurotus ostreatus*, *Armillaria* spp.), nebo vysoké teploty, vystupující nad 32°C (např. *Gloeophyllum sepiarium*).

Důležitou úlohu v životě hub sehraje tzv. letální teploty, a to jak ve spodním, tak horním teplotním rozsahu. Mycelium hub je poměrně málo odolné vůči nízkým i vysokým teplotám. Dřevní houby však úspěšně přežívají extrémní teploty v podobě sklerocia, pseudosklerocia, rhizomorf či spor.

14.1.1.3 Fyzikální stav dřeva

Růst a rozkladná činnost dřevních hub jsou závislé na celkovém fyzikálním stavu dřeva, z něhož je nejdůležitější poměr mezi objemem vzduchu a vody ve dřevě. Parazitické dřevní houby dokážou v prostředí živého stromu růst a rozkládat při mnohem menším objemu vzduchu ve dřevě nežli saprofytické dřevní houby v prostředí mrtvého dřeva. Pro vznik houbové infekce nemusí být fyzikální stav dřeva vždy optimální. Dřevní houby jsou schopny upravovat podmínky prostředí k optimálním hodnotám i v průběhu rozkladu, což lze považovat za vlastní regulační systém. Minimální obsah vzduchu ve dřevě nezbytný pro růst hub, se pohybuje mezi 10 až 20%. Dřevní houby zpravidla nemohou růst na dřevě, které je zcela nasycené vodou, právě tak jako na dřevě, které je zcela suché, resp. vlhkostní a teplotní podmínky nejsou stálé. Pro naprostou většinu dřevních hub je optimální vlhkost dřeva cca 70 %. Jak při vlhkosti nižší než 20 %, tak při vlhkosti vyšší než 140% se rozklad dřeva zastavuje.

V průběhu vegetace dochází ke změnám složení vzduchu ve kmenech, resp. ke změnám v koncentraci CO₂ a to v rozmezí od 0,25 do 50 % objemu. Většina dřevních hub vyžaduje pro svůj růst až 10 % koncentraci CO₂. Ve zdravých kmenech javoru mléče se koncentrace CO₂ pohybuje kolem 4,8 %, zatímco v kmenech napadených houbami byla zjištěna 17% koncentrace (THACKER, GOOD, 1952).

14.2 Výživa dřevních hub

Specializace dřevních hub spočívá v tom, jaké soubory extracelulárních enzymů produkuje houba do vnějšího prostředí, aby došlo k rozkladu nerozpustných zdrojů uhlíku ve dřevě.



14.2.1.1 Uhlíkatá výživa

Základní složkou výživy dřevních hub je tedy uhlík, který je ve dřevě vázán především ve formě polysacharidů (celulózy, hemicelulózy, ligninu a pektinu). Polysacharidy jako hlavní zdroj uhlíkaté výživy dřevních hub musí být nejdříve specifickými extracelulárními enzymy rozloženy na látky jednodušší, tj. monosacharidy ve vodě rozpustné, jež mohou projít membránou do buňky. Významná je zde především úloha polyfenoloxidáz a laktáz, které se podílí na rozkladu ligninu jako toxického uhlíkatého polymeru. Polyfenoloxidázy se také podílejí na překonávání především nespecifických obranných reakcí dřevin, zvláště pak inaktivaci fenolických substancí produkovaných rostlinou jako nespecifická obranná reakce.

14.2.1.2 Dusíkatá výživa

Velmi důležitým prvkem je pro dřevní houby dusík. Dusík se podílí na výstavbě chitinové buněčné blány u hub a především dává základ bílkovinné složce jejich protoplastu. Ve dřevě je obsah poměrně malý, obvykle 0,1 až 0,3%. Nejvíce dusíkatých látek je přítomných v dřevních paprscích, proto do nich při napadení stromu pronikají houbové hyfy nejdříve a také se zde nejvíce rozrůstají. Dřevní houby jsou schopny využívat organický dusík vázaný v bílkovinách, peptonech a aminokyselinách. Jsou schopny využívat organický dusík amoniakálních skupin amonných solí. Nejsou schopny využívat nitratový a nitritový dusík. V posledních letech je k houbám vázána pozornost i kvůli jejich možnosti metabolizovat molekulární dusík. Je-li ve dřevě zvýšen obsah dusíku, reagují zvýšením metabolické činnosti i intenzity růstu. Rozklad dřeva je tak možné urychlit dodáním zdroje organického dusíku.

14.2.1.3 Minerální výživa

Minerální výživa dřevních hub je určena především druhem živného substrátu. Dřevo rostoucích stromů je však na popeloviny poměrně chudé, a tak i požadavky dřevních hub na minerální výživu jsou velmi malé. Obsah popelovin se v sušině pohybuje kolem 1%. Zvýšení celkové koncentrace minerálních látek ve dřevě působí na zvýšený růst a mohutnější rozkladnou činnost dřevních hub.

14.2.1.4 Látky vitaminové povahy a růstové stimulanty

Pro parazitické houby jsou látky vitaminové povahy a růstové stimulanty nezbytné. Zastaví-li se produkce komplexu těchto látek, znemožní se tak jejich další růst. Vyhraněné parazitické houby rychle odumírají po skácení kmene, přestože jsou ostatní podmínky v kmeni zachovány. Pokud se přizpůsobí a nejsou závislé na zmíněném komplexu látek, přecházejí po odumření hostitele na saprofytický způsob života (RYPÁČEK, 1957).

14.3 Ekologie dřevních hub

Dřevní houby jsou významnou součástí lesních ekosystémů, kde se podílejí především na koloběhu uhlíku jako jedineční dekompozitoři dřevní hmoty. Zcela specifickou skupinou jsou dřevní houby, které se specializují na rozklad kořenů.

Dřevní houby se navzájem liší svou ekologickou strategií. Původním ekologickým projevem je rozklad odumřelé dřevní hmoty. V rámci konkurence o přírodní zdroje, v tomto případě o dřevo, se řada dřevních hub adaptovala na nekrotrofní parazitismus, který představuje významnou konkurenční výhodu. V rámci dřevních hub je možné najít celou škálu ekologických vazeb od saprofytismu, kdy je dřevní houba vázána ryze na tlející dřevo, až po vztahy nekrotrofně parazitické, kdy houba minimálně poškozuje svého hostitele, její aktivita je soustředěna na vyzrálé dřevo v jádru a její interakce s živou bělovou částí jsou minimální.

V rámci dřevních hub se projevují významné substrátové specializace. Jedním extrémem jsou houby se širokým hostitelským spektrem, které jsou schopny rozkládat jak dřevo listnáčů, tak i dřevo jehličnanů. Na druhé straně stojí houby, které jsou vázány na jedinou dřevinu se specifickými požadavky na kvalitu substrátu a vnější prostředí.



Dřevní houby s širokou ekologickou valencí, tzv. euryvalentní organizmy, rostoucí na širokém spektru substrátů a v rozličných ekologických podmínkách, označujeme jako polyfágní. Typickou polyfágní dřevní houbou jsou václavky, jejichž obrovská ekologická valence je udivující. Druhem se širokým spektrem hostitelů je rovněž troudnatec pásovaný (*Fomitopsis pinicola*), napadající prakticky všechny druhy jehličnanů a rovněž listnáčů. Druhy se specifickými ekologickými požadavky, které řadíme mezi organizmy stenovalentní, označujeme jako monofágní dřevní houby. Příkladem této skupiny je např. ohňovec Pouzarův (*Phellinus pouzarii*), vázaný pouze na mohutné kmeny jedlí, rezavec Andersonův (*Inonotus andersonii*), rostoucí v Evropě na dubech cerech v několika lokalitách, březovník obecný (*Piptoporus betulinus*) na břízách, rezavec kořenový (*Inonotus dryadeus*) a rezavec kmenový (*Inonotus dryophillus*) na dubech aj. Podle výskytu sítkovce dubového (*Daedalea quercina*) je možné identifikovat i značně zetlelé dřevo dubu, včetně impregnovaných železničních pražců, pokud ovšem bylo použito dubového dřeva. Podobně je úzce na dřevo dubu vázána kožovka rezavá (*Hymenochaete rubiginosa*). U některých druhů převládá jeden hostitel, výjimečně se vyskytují i na jiných dřevinách – troudnatec jasanový (*Perenniporia fraxinea* – jasan, výjimečně akát, javory, buk), ohňovec statný (*Phellinus robustus* – duby, kaštanovník, akát), ohňovec hrboletý (*Phellinus torulosus* – duby, akát), ohňovec borový (*Phellinus pini* – borovice, výjimečně modřín) aj.

Výrazná je afinita dřevních hub na dřevo listnatých a jehličnatých dřevin. Zatímco troudnatec pásovaný (*Fomitopsis pinicola*) rozkládá dřevo listnáčů a jehličnanů, troudnatec kopytovitý (*Fomes fomentarius*) je vázán až na výjimku na listnáče. Tou výjimkou je ojedinělý nález na jedli. Na jehličnany je vázán i hnědák Schweinitzův (*Phaeolus schweinitzii*), jehož hnědá hniloba je charakteristická pro *Larix* sp., *Pinus* i *Picea*. Na jehličnany je vázán také ohňovec borový (*Phellinus pini*) a ohňovec smrkový (*Phellinus chrysoloma*). Přestože je kořenovník vrstevnatý (*Heterobasidion annosum*) téměř výlučně spojován s jehličnany, vyskytuje se spíše výjimečně na některých listnatých dřevinách jako je *Fraxinus*, *Alnus* sp., *Populus tremulae* aj.

V rámci dřevních hub je možné zaznamenat i vazbu na určité části rostlin. Václavky jsou téměř výlučně vázány na kořeny a bazální části kmenů, i když jsou schopné kolonizovat ležící kmeny. Kořenovník vrstevnatý (*Heterobasidion annosum*) proniká kořenovým systémem do kmene až do výšky 8 m. Na kořeny je vázán rovněž dřevomor kořenový (*Ustilina deusta*). Kořeny dubu jsou infikovány rezavcem kořenovým (*Inonotus dryadeus*), na kmeni je možné zastihnout rezavce kmenového (*Inonotus dryophillus*). Houbou vázanou na kořeny je rovněž vějířovec lupenitý (*Grifola frondosa*) a trsnatec obrovský (*Meripilus giganteus*). Rovněž u lesklokorky lesklé (*Ganoderma lucidum*) je zřejmá vazba na kořeny některých listnáčů, podobně u lesklokorky jehličnanové (*Ganoderma carnosum*) je podobná vazba na kořeny jedlí a některých dalších listnáčů. Jiné druhy lesklokorek nemají přímou afinitu na určitou část kmene. Například lesklokorku ploskou (*Ganoderma applanatum*) je možné nalézt jak na kmeni, kosterních větvích, tak i na pařezech, případně i na kořenech vyvrácených stromů. Podobná lesklokorka tmavá (*Ganoderma adspersum*) je vázána na báze kmene listnáčů, včetně exotických druhů dřevin. Na kmen je specializována řada rezavců (*Inonotus* spp.), například rezavec datlí (*Inonotus nidus pici*), rezavec pokožkový (*Inonotus cuticularis*) aj. Na kmeni a na kosterních větvích řady listnáčů, včetně ovocných dřevin, je běžným druhem rezavec štětinatý (*Inonotus hispidus*). Na větve dubů je vázána větrovka obecná (*Vuilleminia comedens*) tvořící bělavé až krémovité povlaky. Její bílá hniloba se podílí na čištění větví. Drobné větve jsou rovněž rozkládány dřevomorem bukovým (*Hypoxylon fragiforme*), hlívenkou nachovou (*Nectria cinnabarina*, anamorpha *Tubercularia vulgaris*) a řadou dalších druhů.

14.3.1 Ekologické strategie dřevních hub

Běžné dělení dřevních hub na saprofyty a parazity je značně schematické a nemusí vždy vystihovat pestrost ekologických vztahů. Obecně lze dřevní houby charakterizovat jako organizmy, které rozkládají vyzrálé dřevo a které během svého života minimálně interferují s živými buňkami. Přesto jsou některé druhy schopny pronikat do běli a produkcí enzymů a toxinů přímo poškozovat živé buňky. Dřevní houby, rozkládající dřevo padlých kmenů a odumřelých souší, se nejčastěji označují jako saprofyti. Řada těchto organismů je však schopna jako nekrotrofní paraziti napadat již živé stromy. Některé druhy během infekčního cyklu poměrně dlouho kolonizují živé kmeny, tvoří ve vnitřní části kmene hnilobu a dřevo rozkládají i po odumření kmene. Na živém stromě pak nemusí být aktivita pro strom nutně škodlivá, vesměs však není prospěšná. Pro tyto případy se používá i pojem saproparazit, případně saprogen.



Obecně lze konstatovat, že u dřevních hub není velký rozdíl mezi druhy, které rozkládají ležící dřevní hmoty, a mezi organizmy, které infikují živé stromy. Hlavní rozdíl spočívá ve schopnosti či neschopnosti kolonizovat živé kmeny. Typickým příkladem může být modelová václavka – přestože je považována za parazita kořenového systému stromů, kolonizuje jakoukoli v zemi uloženou dřevní hmotu, ale také ležící kmeny. Rovněž pevník krvavějící (*Stereum sanguinolentum*) je druh, jehož hlavní úlohou je rozkládat odumřelou dřevní hmotu, a to ať tzv. nehroubí, tak i kmeny a pařezy. V případě hlubšího poranění na kmeni však rychle proniká do kmenů jako nekrotrofní parazit. Pouze relativně malá část dřevních hub se specializuje na kolonizaci živých stromů, kdy je jejich parazitace v mnohých ohledech k hostiteli „přátelská“ a projevy poškození hostitele jsou minimální, pokud vůbec jsou. Rovněž infekční cyklus dřevní houby je tomuto chování přizpůsoben a fruktifikace je u této skupiny potlačena nebo omezena během života stromu na tvorbu plodnic anamorfního stadia, které je energeticky méně náročné, a teleomorfní plodnice se tvoří až po odumření stromu. Strategie této skupiny se blíží „pravým“ parazitům, kteří minimálně poškozují svého hostitele.

Z hlediska arboristického jsou významní zejména ranoví paraziti. Vesměs jde o organizmy, které žijí jako saprofyti na odumřelém dřevě a příležitostně pronikají do stromů poraněními na kmeni. Vstupem houbové infekce pro skupinu saprofytických dřevních hub jsou velké řezné rány, místa po odlomených větvích či místa mechanického poškození kůry. Model jejich chování zůstává stejný jako u saprofytů, a z tohoto důvodu je jejich postup pletivy hostitele velmi rychlý, když vesměs poškozují i okolní pletiva. Mezi ranové parazity je možné řadit klanolístku obecnou (*Schizophyllum commune*), pevníky (*Stereum* spp.), outkovku pestrou (*Trametes versicolor*), outkovku chlupatou (*Trametes hirsuta*), šedoporku osmahlou (*Bjerkandera adusta*) aj.

14.3.2 Saprofytické dřevní houby

Nejpočetnější skupinu dřevních hub tvoří saprofyti. Saprofyti napadají a rozkládají pouze dřevo odumřelé a jejich mycelium nemá schopnost prorůstat fyziologicky aktivním dřevem. Z tohoto pohledu je možné řadit mezi saprofyty prakticky všechny dřevní houby, kdy je jejich interakce se živými buňkami hostitele prakticky minimální. Za saprofytické dřevní houby považujeme zároveň ty druhy, které jsou charakteristické pro kolonizaci dřeva odumřelých částí dřevin, jako jsou například odlomené větve, padlé kmeny, řezné plochy pařezů apod. Jejich výskyt na živých dřevinách je spíše jevem výjimečným a souvisí s rozsáhlejším poškozením povrchu kmene.

Pro saprofytické dřevní houby je charakteristické, že rozkládají bez rozdílu jádrové a bělové dřevo. Řada druhů saprofytických dřevních hub upřednostňuje kolonizaci a rozklad odumřelého bělového dřeva z důvodu vyššího obsahu jednoduchých sacharidů. Při kolonizaci pletiv na živém hostiteli pak tyto houby pronikají do běli, kterou poškozují produkcí enzymů a toxinů.

Je třeba konstatovat, že rozdíl mezi saprofyty a fakultativně parazitickými dřevními houbami je minimální a neexistuje jasný přechod mezi těmito dvěma skupinami. Například řada saprofytických dřevních hub se podílí na rozkladu odumřelých částí kmene nebo větví stojících živých stromů. Rozkladnou činností narušují jejich pevnost a v konečné fázi způsobují vylamování napadených částí.

Infekce živých stromů houbami, v jejichž životní strategii převažuje saprofytismus, je charakteristická poměrně agresivním postupem vůči hostiteli, kdy jsou okolní pletiva rychle poškozována. Při silném rozvoji hniloby jsou tyto dřevní houby schopny znemožnit tvorbu kalusu a zacelování rány. Odlomením silnější větve pak může vzniknout otevřená brána pro vstup nebezpečnějších druhů dřevních hub.

Mezi tyto druhy lze zařadit např. pevník chlupatý (*Stereum hirsutum*), pevník korkovitý (*Stereum rugosum*), outkovku chlupatou (*Trametes hirsuta*), outkovku pestrou (*T. versicolor*), ostropórku topolovou (*Rigidiporus populinus*), šedoporku osmahlou (*Bjerkandera adusta*).

Zvláštní skupinou saprofytických hub jsou druhy, které osídlují drobné i větší postupně odumírající větve v korunách stromů, přičemž jejich mycelium brání růstu jiných dřevních hub. Pokud však větev odpadne, houby rychle odumírají. Pahýlem po odpadlé uhnilé větvi zpravidla nedochází k infekci zdravého dřeva jinou, nebezpečnější dřevokaznou houbou, a rána, pokud není rozsáhlá, úspěšně zarůstá. Do jisté míry se mohou jevit jako užitečné, kdy čistí kmen od odumírajících větví, pokud však pádem větví není ohroženo zdraví lidí nebo působeny škody na majetku. Mezi tyto druhy se řadí větrovka obecná (*Vuilleminia comedens*), druhy z čeledi kornatcovitých (*Corticaceae*) aj. Například záhy po odumření větví buků je jejich dřevo kolonizováno řadou dřevních hub. Jmenovat je možné dřevomor bukový (*Hypoxylon fragiforme*), pevník chlupatý (*Stereum hirsutum*), klanolístku obecnou (*Schizophyllum commune*), žilnatkou oranžovou (*Phlebia radiata*) aj.



14.3.3 Ranoví paraziti

Za ranové parazity považujeme ty dřevní houby, které žijí jako saprofyti na tlejícím dřevě a příležitostně pronikají do stromů poraněními na kmeni. Vstupem infekce pro skupinu ranových parazitů jsou rozsáhlé řezné rány, místa po odlomených větvích či místa mechanického poškození kůry. Model jejich chování zůstává stejný jako u saprofitů, z tohoto důvodu je jejich postup pletivy hostitele velmi rychlý, kdy vesměs poškozují i okolní pletiva. Mezi ranové parazity je možné řadit klanolístku obecnou (*Schizophyllum commune*), pevníky (*Stereum* spp.), outkovku pestrá (*Trametes hirsuta*), šedoporku osmahlou (*Bjerkandera adusta*) aj.

14.3.4 Nekrotrofní paraziti – dřevní houby infikující živé stromy

Parazitické dřevní houby rozlišujeme na obligátní parazity, resp. obligátní nekrotrofní parazity, žijící po celý život pouze na živém organismu, a fakultativní parazity, kteří jsou schopni infikovat jak živé stromy, tak mrtvé dřevo. Parazit pak v tomto pojetí ekologických charakteristik dřevních hub označuje schopnost kolonizovat živého hostitele, nikoli interferovat s živými buňkami. Z morfologického hlediska je ve zdravé a nepoškozené dřevině zastoupen vysoký podíl odumřelých buněk, které tvoří vyztřelé, resp. jádrové dřevo, a vzhledem k tomu, že převážná většina parazitických dřevních hub způsobuje hnilobu jádrového dřeva, není pojem „parazit“ zcela přesný a označuje již zmíněnou schopnost kolonizovat živé stromy. Organismy rozkládající odumřelé buňky živého hostitele, což je i případ dřevních hub, nejlépe vystihuje označení nekrotrofní parazit.

Skutečností je i fakt, že houby, které kolonizují živé hostitele jako nekrotrofní paraziti, rozkládají dřevo jádra. Pronikání a rozklad bělí je zde během života stromu minimální. V místě styku hniloby s bělí se pak mohou tvořit různě široké hraniční zóny. Ty mohou odpovídat CODIT zónám podle SHIGA (1997). Zabarvení je vesměs dáno enzymatickou aktivitou houby. V řadě případů lze konstatovat, že tato skupina nekrotrofně parazitických dřevních hub neproniká do bělí a nezasahuje tak do vedení vody v kmeni ani do dalších fyziologických funkcí dřeviny. K rozkladu bělí dochází pouze u některých druhů ve chvíli odumření hostitele, nebo jeho části. Pronikání do bělí pak může být spojeno s fruktifikací, resp. změnou morfologie tvorby fruktifikačních orgánů.

Podle druhového spektra hostitelských dřevin dělíme parazitické dřevní houby na monofágní a polyfágní parazity.

ČERNÝ (1989) dělí parazitické dřevní houby na primárně a sekundárně parazitické podle způsobu vzniku infekce. Mezi primárně parazitické dřevní houby řadí pouze václavku smrkovou (*Armillaria ostoyae*) a kořenovník vrstevnatý (*Heterobasidion annosum*). Tyto dvě dřevní houby jsou schopny masově napadat fyziologicky oslabené, avšak mechanicky nepoškozené dřeviny, vysazované na nepůvodních, nevhodných stanovištích.

Mezi sekundárně parazitické dřevní houby zařazuje druhy, které infikují živé stromy v místech mechanického poranění kořenů, kmene, nebo pronikají pahýly odlomených větví.

Většina parazitických dřevních hub je zpravidla schopna po delší či kratší dobu růst i na mrtvém dřevě. Po odumření stromu může dojít k zpomalení nebo úplnému zastavení růstu aktivního mycelia, zároveň lze zaznamenat mnohdy intenzivnější fruktifikaci než na stromě živém, jako např. u troudnatce kopytovitého (*Fomes fomentarius*), troudnatce pásovaného (*Fomitopsis pinicola*) aj.

Jindy se růst i fruktifikace houby zastaví záhy po odumření stromu či zlomu kmene. Mezi takové dřevní houby patří druhy jako např. ohňovec smrkový (*Phellinus chrysoloma*) nebo ohňovec borový (*Phellinus pini*).

Další skupinou jsou parazitické houby, které dlouhou dobu parazitují na živých stromech, na nichž vytvářejí pouze imperfektní plodnice ve formě nepravidelných, černých útvarů, produkující nepohlavní výtrusy (konidie). V pokročilé fázi odumírání stromu nebo až po jeho odumření se vytvoří jednorázově rourkaté perfektní plodnice, které vyprodukují obrovské množství výtrusů a ihned na to celá houba odumře. Mezi tyto biologicky zajímavé druhy patří např. rezavec šikmý (*Inonotus obliquus*), rostoucí na bucích a břízách, nebo poměrně vzácný rezavec Andersonův (*Inonotus andersonii*), rostoucí na dubu ceru.

K předchozí skupině je možné řadit i houby se zajímavým životním cyklem. V horských oblastech se ze spodní strany tlejících kmenů smrku tvoří plodnice ohňovce ohraničeného (*Phellinus nigrolimitatus*). K infekci dochází již na živých stromech. Plodnice se však na živých stromech netvoří. Indukce plodnic je navozena až pádem stromu a postupujícím rozkladem kmenů na zemi. Zde si ohňovec ohraničený tvoří kolem charakteristické voštinové hniloby pseudosklerocia, kterými ohraničuje aktivní část hniloby.



Parazitické dřevní houby infikují dřevo živých stromů nejčastěji v místech mechanického poškození, v místech korní spály či mrazových trhlin, lézích po sání savého hmyzu apod. v těchto místech pronikání patogena do kmene nebrání účinná suberinová bariéra kůry.

14.3.4.1 Obligátně nekrotrofní parazitické dřevní houby

Obligátně nekrotrofní parazitické dřevní houby jsou charakteristické schopností kolonizovat dřevo pouze na živých hostitelích. Ve dřívějších pojetích jsou tyto houby označovány jako parazitické dřevokazné či dřevní houby. Jejich schopnost kolonizovat dřevní hmotu dřeva na odumřelých částech dřevin je omezena, vesměs kolonizují pouze živé hostitele. Důvodem může být u fyziologicky obligátních parazitů potřeba určitých látek z metabolismu hostitele, u ekologicky obligátních parazitů pak skutečnost, že jejich konkurenční schopnost je nízká.

Typickými představiteli této skupiny je například rezavec šikmý (*Inonotus obliquus*), rezavec Andersonův (*I. andersonii*), rezavec kořenový (*I. dryadeus*), rezavec kmenový (*I. dryophillus*), ohňovec ohraničený (*Phellinus nigrolimitatus*) aj.

Některé tyto dřevní houby reagují na odumření hostitele, nebo jeho části tvorbou teleomorfních plodnic a následně odumírají. Fruktifikace může být reakcí na odumření nekolonizované části bělí, kterou tyto houby záhy po odumření hostitelských pletiv rychle kolonizují, vytvoří se plodnice a mycelium po tvorbě plodnic odumírá. Tuto strategii je možné pozorovat u již zmíněného rezavce šikmého (*Inonotus obliquus*) a rezavce Andersonova (*I. andersonii*).

Jiné druhy vytvářejí během kolonizace živého hostitele teleomorfní plodnice. Ty však záhy po odumření hostitele odumírají, stejně jako mycelium v hnilobě. Příkladem je rezavec kořenový (*Inonotus dryadeus*) a rezavec kmenový (*Inonotus dryophillus*).

Další skupina dřevních hub tvoří teleomorfní plodnice ještě po určité, vesměs kratší období na tlejícím dřevě, přestože nejsou schopny v přírodě kolonizovat dřevo na odumřelých částech rostlin. Příkladem je mj. pštěň dubový (*Fistulina hepatica*), ohňovec statný (*Phellinus robustus*), ohňovec olšový (*Phellinus alni*) aj.

Jiné dřevní houby kolonizují pouze živého hostitele a fruktifikace pak následuje ještě po dlouhé době po odumření stromu. Tvorba plodnic na živém hostiteli je známkou pokročilého stadia hniloby ve kmeni, případně kořenech. Příkladem dřevních hub s touto strategií je vějířovec obrovský (*Meripilus giganteus*), trsnatec lupenitý (*Grifola frondosa*), lesklokorka lesklá (*Ganoderma lucidum*), lesklokorka pryskyřičnatá (*Ganoderma resinosum*), lesklokorka tmavá (*G. adspersum*) aj. Na jehličnanech má podobnou strategii například ěubkatec smrkový (*Onnia circinata*), plstnateček severský (*Climacocystis borealis*) aj.

U dřevních hub typu již zmíněného ohňovce ohraničeného (*Phellinus nigrolimitatus*) dochází k infekci na živých kmenech. Plodnice se tvoří až po odumření kmene a jeho pádu na zem. Po desetiletí se pak tvoří ze spodní části plodnice z postupně ustupující hniloby ve kmeni.

14.3.4.2 Fakultativně nekrotrofní paraziti

Fakultativně nekrotrofní paraziti jsou schopni kolonizovat v přírodě jak dřevo živých hostitelů, tak i dřevo na odumřelých částech dřevin. V řadě případů je těžké odlišit tyto druhy od saprofytických dřevních hub. Kolonizace dřevní hmoty živých stromů pro tuto skupinu hub představuje významnou konkurenční výhodu a je převažující. Stejně charakteristická však může být i kolonizace čerstvě odumřelého dřeva. U fakultativně nekrotrofních parazitů navazuje na poměrně dlouhou dobu kolonizace dřeva živého hostitele rovněž dlouhé období dekompozice tlejících kmenů. Mezi tuto skupinu náleží na jehličnanech kořenovník vrstevnatý (*Heterobasidion annosum*), václavky (*Armillaria* spp.) aj. Stejnou strategii má i troudnatec kopytovitý (*Fomes fomentarius*), lesklokorka ploská (*Ganoderma applanatum*) aj.

14.4 ROZKLAD DŘEVA HOUBAMI

Každý druh dřevní houby narušuje dřevo určitým specifickým způsobem, což je obzvláště patrné v pokročilém stupni rozkladu, kdy již není pochyb o tom, o jaký typ hniloby se jedná, ani o bezprostředním destruktivním účinku na vlastnosti dřeva. Podle charakteru hniloby je možné identifikovat druh dřevní houby nebo skupinu dřevních hub.



14.4.1 Enzymatický aparát dřevních hub

Dřevní houby jsou heterotrofní organizmy, které jako zdroj energie používají jednoduché cukry. Disponují poměrně širokým enzymatickým aparátem, který umožňuje dřevním houbám rozkládat řadu substrátů. Hlavním zdrojem uhlíku jsou pro dřevní houby polysacharidy zastoupené ve dřevě, tj. celulóza, hemicelulóza, lignin a pektin. Jsou však schopny zužitkovat i jednoduché cukry a oligosacharidy. Jako zdroj uhlíku mohou dřevní houby využít i bílkoviny, aminokyseliny a další organické sloučeniny.

Dřevní houby produkují do vnějšího prostředí extracelulární enzymy, které ve vnějším prostředí zajišťují rozklad organických sloučenin. Dřevními houbami produkované extracelulární enzymy se dělí na hydrolytické a oxidační. Hydrolytické enzymy štěpí polysacharidický podíl ve dřevě (celulózu, hemicelulózu) a oxidační enzymy jsou schopny štěpit ligninové impregnace buněčné stěny. Podle způsobu štěpení řetězců organických sloučenin rozeznáváme exoenzymy a endoenzymy. Exoenzymy umožňují štěpit dlouhé řetězce polysacharidů od konců a endoenzymy zevnitř.

Rozklad celulózy probíhá tak, že houby schopné rozkládat celulózu produkují nejméně tři hydrolytické enzymy. První dva enzymy (celulózy), tj. exoglukanáza a endoglukanáza, štěpí dlouhé řetězce na dvouglukózové jednotky – celobiózu, přičemž exoglukanázou je odštěpována celobióza od konců a endoglukanázou zevnitř celulóзовého řetězce. Celobióza je pak rozštěpena dalším enzymem – glukozidázou – na molekuly glukózy. Houby, schopné štěpit celulózu, jsou většinou enzymaticky vybaveny i na štěpení hemicelulóz.

Hemicelulózy (tj. xylany, galaktany a mangany) jsou polysacharidy s rozvětvenými řetězci, tvořené nejčastěji glukózou, galaktózou, manózou, arabinózou a xylózou. Houby štěpící xylany produkují enzymy xylanázy a xylozidázy, mannózu štěpí mannáza.

Po celulóze a hemicelulóze je nejrozšířenější složkou dřeva lignin (15–30 %). Lignin představuje v přírodě nejodolnější sloučeninu. Po chemické stránce představuje trojrozměrný aromatický polymer složený z fenypropanů, koniferalkoholů, kumarylalkoholů a sinapylalkoholů. Předpokládá se, že je štěpen celým systémem hydrolytických enzymů, lakkázami, polyfenoloxidázami a monofenoloxidázami.

V rostlinných pletivech jsou rovněž hojné pektinové látky, které jsou zastoupeny především ve střední mezibuněčné lamelle. Houby schopné štěpit pektiny produkují dva hlavní exoenzymy (pektinázy): pektinesterázu a polygalakturonidázu.

Mastné kyseliny a voskové substance jsou schopny dřevní houby štěpit produkcí polyesteráz. Jejich produkce je v případě dřevních hub nízká. Jak již bylo řečeno, malá produkce polyesteráz je příčinou pomalého rozkladu borky a neschopnosti dřevních hub pronikat borkou dřevin s výjimkou mechanické penetrace kořenové kůry rhizomorfiemi václavků.

Kromě zmíněných enzymů produkují dřevní houby i další enzymy jako peptidázy, peroxidázy („bělicí enzymy“) aj.

Dřevní houby jsou v přírodě výjimečnou skupinou právě díky své enzymatické výbavě, která jim umožňuje rozkládat široké spektrum organických substrátů, jedinečná je schopnost rozkládat lignin. Dřevní houby byly úspěšně testovány na rozklad odpadních látek.

14.4.2 Dřevní houby a rozklad dřeva

Dřevní houby se dříve rozlišovaly na houby lignivorní a celulózovorní – podle toho, zda rozkládají jen celulózní složku, nebo kromě ní narušují i lignin (RYPÁČEK, 1957). Na základě poměru huminových látek a fulvokyselin v kyselém hydrolyzátu je přesnější rozdělení na houby bílého a hnědého tlení (SCHÁNĚL, 1967). Houby celulózovorní jsou zhruba shodné s houbami hnědého tlení a houby lignivorní s houbami bílého tlení.

Dřevní houby způsobují prorůstáním svých hyf a intenzivní enzymatickou činností rozklad (dekompozici) dřeva. Jde o aerobní proces, kdy dřevní houby potřebují ke své aktivitě kyslík. Tento proces je označován jako tlení (□□□□– tlení, řecky kyslík). Hnití jako aerobní proces je charakteristický pro aktivitu anaerobních bakterií. Pojem hniloba jako stav rozkladu dřeva se zde používá nikoli ve spojení s hnilobnými procesy, ale právě se tlením. Jde o zaběhlý terminus technicus, který slouží k označení narušení dřeva činností dřevních hub. Procesem rozkladu dřeva je tedy tlení, pro označení stavu je pak možné použít termínu hniloba.



Hniloba dřeva je nejmarkantnějším projevem aktivity dřevních hub. Ta se projevuje nejen ve zhoršených fyzikálních a mechanických vlastnostech dřeva, tj. ve statické stabilitě dřeviny, ale také na celkovém zdravotním stavu a vitalitě dřeviny. Při praktickém hodnocení vitality a zdravotního stavu stromů je dokonalá znalost typu hnilob nezbytná.

14.4.3 Bílé tlení

Houby bílého tlení, tj. houby lignivorní, rozkládají všechny sacharidické polymery, které jsou obsaženy ve dřevě. V kyselém hydroizolátu převažují fulvokyseliny nad huminovými kyselinami. Obsahují široké spektrum enzymů, mj. polyfenoloxidázy a lakkázy, které se podílejí na rozkladu ligninu. Tlející dřevo v průběhu rozkladu většinou světlá, přestože v prvních etapách rozkladu může přechodně nabývat tmavších tónů. Činností mycelia hub dochází ve dřevě k rovnoměrnému bělání, jindy se v něm vyskytují pouze světlé pruhy nebo se tvoří nápadné dvůrky, často vyplněné bílou, nerozloženou celulózou. Dřevo ztrácí na hmotnosti, nikoli však na objemu, proto si dlouho zachovává svou strukturu.

Houby bílého tlení způsobují korozivní rozklad dřeva. Charakteristická je tzv. bílá hniloba s jejími typy jako je voštinová hniloba, pestrá hniloba, červená hniloba kořenovníku vrstevnatého apod.

Skupina hub bílého tlení je druhově početnější než skupina hub hnědého tlení a rozklad dřeva těmito houbami zpravidla převažuje. Nicméně vyskytují se i lokality, kde je tomu naopak a převažuje rozklad houbami hnědého tlení. Tak je tomu např. v podmínkách horských klimaxových smrčín, kde zpravidla dominuje hnědá hniloba troudnatce pásovaného (*Fomitopsis pinicola*).

RYPÁČEK (1957) dělí houby bílého tlení podle posloupnosti rozkladu polysacharidické a ligninové složky dřeva do tří skupin:

- houby, rozkládající v první fázi lignin a až později celulózu (např. *Trametes versicolor*),
- houby, rozkládající v první fázi celulózu a až později lignin (např. *Armillaria* spp.)
- houby, rozkládající obě složky současně (např. *Heterobasidion annosum*, *Ganoderma applanatum*, *Pleurotus ostreatus* či *Inonotus hispidus*).

Dřevo napadené bílou hnilobou v počáteční fázi rozkladu minimálně mění své fyzikální a mechanické vlastnosti, je tvrdé, bílé, světle okrové až světle oranžové, často ve směru do zdravého dřeva ohraničené černými liniemi melanizovaného mycelia nebo hnědočervenými až hnědočernými zónami. Ve druhé fázi rozkladu je dřevo smetanově bílé až žlutobílé, lehké, křehké, neztrácí objem, nerozpadá se, avšak technické vlastnosti jsou již značně narušené. Podél dřeňových paprsků a v jarním dřevě letokruhů vznikají jemné trhlinky vyplněné bílým či žlutým syrociem. V poslední fázi rozkladu je dřevo běložluté, velmi měkké, zcela bez pevnosti a vláknitě nebo lístkovitě se rozpadá.

Bílou hnilobu způsobuje např. troudnatec kopytovitý (*Fomes fomentarius*), dřevomor kořenový (*Ustulina deusta*), pevník krvavějící (*Stereum sanguinolentum*), hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*) aj.

Ve dřevě napadeném voštinovou hnilobou se v počáteční fázi rozkladu tvoří skvrny, popř. se v celém rozsahu zbarvuje světle rezavohnědě až světle červenohnědě. V jarním dřevě se postupně začínají vytvářet protáhlé dvůrky vyplněné podhoubím. V druhé fázi rozkladu se dvůrky zvětšují, objevují se v nich bílé plošky čisté celulózy. V poslední fázi rozkladu se dvůrky v podélném směru spojují a vzniká typická voštinová hniloba. Voštinovou hnilobu způsobuje např. kořenovník vrstevnatý (*Heterobasidion annosum*), ohňovec borový (*Phellinus pinii*), ohňovec zhoubný (*Phellinus vorax*), ohňovec smrkový (*Phellinus chrysoloma*), ohňovec ohraničený (*Phellinus nigrolimitatus*), dubkatec smrkový (*Onnia circinata*) nebo dubkatec borový (*Onnia triqueter*).

Zvláštním typem bílé hniloby dřeva je rozklad působený plstnatečkem severským (*Climacocystis borealis*) a chorošem šupinatým (*Polyporus squamosus*). V pokročilejších fázích rozkladu se dřevo rozpadá na drobné kostičky či hranolky o hraně 1–3 mm, proto je někdy označována jako bílá kostečkovitá hniloba.

14.4.4 Hnědé tlení

Houby hnědého tlení, dříve označované jako houby celulózovorní, rozkládají především celulózní složku dřeva (celulózu a hemicelulózu), lignin je rozkládán minimálně. Houby hnědého tlení jsou charakterizovány převahou huminových kyselin nad fulvokyselinami v kyselém hydrolyzátu. Dřevo rychle ztrácí na objemu i na hmotnosti ztrátou celulózy. Dřevo tmavne uvolňovaným ligninem, stává se křehkým, lehce lámavým až drobivým, ubývá nápadně na váze i na objemu a často kostkovitě praská v důsledku objemových změn. Houby hnědého tlení způsobují tzv. destrukční rozklad dřeva, který je v praxi nazýván hnědou hnilobou.



Dřevo, napadené hnědou hnilobou, mění v počáteční fázi rozkladu barvu jen nepatrně. Zpravidla však nabírá, v závislosti na druhu dřeviny, odstíny světle okrové, okrově žluté či žlutohnědé barvy. Technické vlastnosti dřeva jsou narušeny jen nepatrně. V druhé fázi rozkladu se dřevo zbarvuje světle hnědě, světle červenohnědě či kakaově hnědě. Technické vlastnosti jsou již značně narušené a ve dřevu vznikají podélné a příčné trhliny. V poslední fázi se dřevo hranolovitě rozpadá, lasturovitě se láme.

Mezi houby hnědého tlení patří např. troudnatec pásovaný (*Fomitopsis pinicola*), hnědák Schweinitzův (*Phaeolus schweinitzii*), sírovec žlutooranžový (*Laetiporus sulphureus*), březovník březový (*Piptoporus betulinus*), poprašky (*Coniophora* sp.), trámovky (*Gloeophyllum* sp.), sítkovec dubový (*Fistulina hepatica*) aj.

Houby hnědého tlení jsou častými dřevními houbami, které rozkládají dřevo v budovách – dřevomorka domácí (*Merulius lacrymans*), popraška sklepní (*Coniophora puteana*), trámovky (*Gloeophyllum* spp.).

14.4.5 Měkké tlení

Měkké tlení, resp. měkká hniloba, je typem rozkladu dřeva, při němž bývá lignin jen velmi málo narušen. Poškozeny jsou především lepící lamely buněčných stěn. K rozkladu dochází jen za velmi teplého a vlhkého období – mluvíme pak o „zapaření dřeva“. Hlavní podíl na rozkladu nemají stopkovýtrusé houby, ale houby vřeckovýtrusé a houby nedokonalé, jako např. voskovička citronová (*Bisporella citrina*), klišatka černá (*Bulgaria inquinans*), dřevomor bukový (*Hypoxylon fragiforme*), dřevnatka parohatá (*Xylaria hypoxylon*). Ze stopkovýtrusých je původcem měkkého tlení klanolístka obecná (*Schizophyllum commune*), outkovka chlupatá (*Trametes hirsuta*), pevník chlupatý (*Stereum hirsutum*) aj.

15. Karanténní choroby dřevin

Karanténními škodlivými organizmy jsou organizmy, které by mohly způsobit hospodářské škody na území, v němž se dosud nevyskytují, nebo v němž jsou jen omezeně rozšířeny a proti nimž se uplatňují úřední opatření.

Intenzivní transport rostlinného materiálu si vynucuje zřízení administrativních bariér, zabraňujících šíření karanténních chorob rostlin. Akutně je tato potřeba chápána v zemědělství, kde se zavlečení karanténního škodlivého organismu citelně a především rychle odrazí v hospodářských výsledcích.

15.1 Příklady zavlečení původců chorob dřevin

Důsledky zavlečení chorob jsou dobře známy z celé řady příkladů i z lesnictví a potažmo i arboristiky. Obecně známým je jedno ze zavlečení původem asijské grafiózy jilmu (*Ophiostoma ulmi*) do Evropy v průběhu 1. světové války. Hypotézy o zavlečení se různí. Vesměs se má za to, že grafióza byla do Evropy zavlečena vojáky z Asie, kteří bojovali na evropských bojištích. Byli vybaveni nůsemi, které byly spleteny s větviček asijských druhů jilmů. Ve větvičkách byly zavlečeny asijské druhy bělokazů, kteří z větviček vylétli a jako náhradního hostitele našli evropské druhy jilmů. Na povrchu však byli kontaminováni sporami ophiostomatálních hub, především pak druhu *Ophiostoma ulmi*. Došlo k zavlečení infekce, která se pak šířila především během úživného žíru evropských druhů bělokazy z rodu *Scolytus* spp., především *Scolytus scolytus* a *Scolytus multistriatus*. Zde je třeba poznamenat, že z Evropy jsou zprávy o hynutí jilmů již z dřívějších dob. Choroba byla posléze zavlečena do Severní Ameriky v průběhu 30. let, pravděpodobně se sazenicemi jilmů z Nizozemska (odtud je také odvozován název holandská nemoc, resp. anglický výraz *Dutch disease*). V krátké době se grafióza jilmu rozšířila takřka po celém severoamerickém kontinentu. Masové hynutí jilmů v 60. a 70. letech je spojováno se zpětným zavlečením hypervirulentního kmene grafiózy jilmu z Ameriky. Tento kmen pak byl Brassierem popsán jako *Ophiostoma novo-ulmi*. Ze západní Evropy je uváděn jako rok zavlečení rok 1968. Již koncem 50. let 20. století bylo pozorováno hromadné hynutí grafiózou infikovaných jilmů v Maďarsku, které se svým rychlým průběhem odlišovalo od předchozího průběhu choroby. Na Slovensku se tento agresivní průběh choroby projevil počátkem 60. let, z oblasti jižní Moravy je možné její postup datovat do let 1962–1963 (A. ČERNÝ, ústní sdělení). Tento údaj zhruba o pět let předchází zprávy o šíření této „druhé vlny“ grafiózy v západní Evropě.



Dalším příkladem zavlečení významné choroby by pak mohlo být šíření vřeckovýtrusé houby *Cryphonectria parasitica*, původce rakoviny kůry jedlého kaštanu (*Castanea sativa*). Tato houba byla zavlečena kolem roku 1900 z Asie do Severní Ameriky. První údaj z Evropy je datován z roku 1925 z Belgie. Na území tehdejšího Československa byla choroba zaznamenána v roce 1976 na Slovensku na lokalitě Prašice-Duchonka v okrese Topoľčany (JUHÁSOVÁ, 1999). V České republice byla zjištěna v roce 2002 (JANKOVSKÝ ET AL., 2002). Celkově však nejsou škody, působené touto houbou na kaštanovníku setém (*Castanea sativa*), v Evropě tak dramatické jako na jeho severoamerickém homonymu *C. dentata*. Důvodem je mj. vyšší rezistence *C. sativa* vůči této houbě. Další příčinou tohoto relativně příznivého stavu může být i fakt, že v Evropě byly zjištěny hypovirulentní kmeny této houby (HEINIGER, STADLER, 1991, SEEMANN, UNGER, 1993). Ačkoli je současná situace stabilizovaná, vyžaduje si tato choroba stálý rostlinolékařský dohled. Důvodem je možnost dalšího šíření virulentních kmenů, resp. biologických ras *Cryphonectria parasitica*, do nových oblastí. Houba se vyvíjí rovněž na dubech, kde však dosud nebyly zaznamenány žádné význačné škody.

Patogenem zavlečený mimo evropský kontinent je rez vejmutovková (*Cronartium ribicola*). Tato dvoubuňná rez byla původně rozšířena na starém kontinentě na pětijehličkových borovicích (*Pinus cembra*, *P. sibirica* aj.), kde tvoří stadia spermacií a aecií. Uredospory a teleutospory se tvoří na rybízích (*Ribes* spp.) a srstkách (*Grossularia* spp.). Na borovici vejmutovce (*Pinus strobus*) byla choroba poprvé pozorována v roce 1854 v Estonsku, v následujících letech pak způsobila velké škody ve Finsku, Dánsku, Německu (1865–1885), Švédsku (1880), Nizozemsku, Francii, Velké Británii, Belgii (1885–1895) aj. (ČERNÝ, 1976). Do Severní Ameriky se rozšířila tato houba s importovanými sazenicemi vejmutovky v letech 1898–1910. ČERNÝ (1976) uvádí, že v roce 1909 byly prodány z Německa do Severní Ameriky infikované sazenice vejmutovky a touto cestou pak došlo k přenosu choroby. K jejímu zavlečení na severoamerický kontinent však mohlo dojít pravděpodobně již o několik let dříve, podle různých autorů v rozmezí let 1898 až 1910. Rez vejmutovková se rychle rozšířila po celém východním pobřeží na tamních pětijehličkových borovicích. Řada porostů vejmutovky byla zcela zničena. Rez vejmutovková, známá v Severní Americe jako *White pine blister rust*, je zde jednou z nejzávažnějších a zároveň nejdražších zavlečených chorob. Od roku 1920 byly vynaloženy každoročně desetimiliony dolarů na eradikaci rybízu jako druhého hostitele. Přesto se však nepodařilo tuto chorobu eliminovat a rez vejmutovková zůstává jedním z největších problémů lesnictví východního pobřeží USA.

V Evropě nejsou škody tak výrazné. Důvodem je relativně malé zastoupení vejmutovek, které je ovšem ze značné míry determinováno právě ohrožením rzí vejmutovkovou. Stejný problém je nutné řešit i při výsadbě dalších pětijehličkových borovic, které jsou původem ze Severní Ameriky (*Pinus monticola*, *P. flexilis* aj.). Asijské druhy pětijehličkových borovic jsou vůči této rzi do značné míry rezistentní.

Zavlečenou chorobou je rovněž padlí dubové (*Microsphaera alphitoides*). Tento druh byl zjištěn kolem roku 1877 na omezeném území v Portugalsku. K náhlému šíření choroby došlo v letech 1906 a 1907, kdy se choroba náhle rozšířila po celém území. Do té doby běžné padlí na dubech, *Phyllactinia roboris*, bylo pravděpodobně vytlačeno a v současné době se jedná o velmi vzácný druh, řazený na červené seznamy.

Se svým hostitelem byly mimo svůj areál původního rozšíření zavlečeny například skotská sypavka douglasky (*Rhabdocline pseudotsugae*) a švýcarská sypavka douglasky (*Phaeocryptopus gauemanni*).

Koncem 20. století bylo možné sledovat trend, kdy se zintenzivnilo šíření dalších druhů chorob, dosud známých pouze z jižních částí Evropy. Příkladem je především karanténní červená sypavka (*Mycosphaerella pini*) na borovicích, zjištěná v ČR poprvé v roce 1999 na dovozovém materiálu, v následujícím roce i ve volných výsadbách (JANKOVSKÝ, ŠINDELKOVÁ, PALOVČÍKOVÁ, 2000). Rakovina kůry kaštanovníku (*Cryphonectria parasitica*) byla zjištěna poprvé v roce 2002, další nálezy pak byly zaznamenány v roce 2004 (HALTOFOVÁ, JANKOVSKÝ, PALOVČÍKOVÁ, 2004).

Příkladem nově zavlečené choroby je rovněž klíněnka jírovcová (*Cameraria ohridella*), která byla poprvé zjištěna v roce 1993 v oblasti jižní Moravy a posléze se rozšířila po celém území České republiky.

Ve výčtu některých příkladů karanténních chorob, které byly zavlečeny mimo svůj areál rozšíření, by bylo možné pokračovat. Příklady některých zavlečených chorob jsou uvedeny v tabulce.



Některé příklady zavlečení patogenů lesních dřevin mezi kontinenty

	hostitelé/ mezihostitelé	Asie	Evropa	Severní Amerika
<i>Cronartium ribicola</i>	<i>Pinus</i> (5jehl.)/ <i>Ribes</i>		1854 (<i>P. strobus</i>)	1898/1910 (1909)
<i>Ophiostoma ulmi</i>	<i>Ulmus</i>		1916 1960-1963(1968) (<i>Ophiostoma novo-ulmi</i>)	1930/1944
<i>Cryphonectria parasitica</i>	<i>Castanea</i> sp. div. (<i>Quercus</i>)		1938	1900 (?) 1934 (Oregon)
<i>Phytophthora cambivora</i>	<i>Castanea</i>	?	1860	?
<i>Miscrospora alphitoides</i>	<i>Quercus</i>	1930	1877/1907 (?)	
<i>Trichoscyphella willkommii</i>	<i>Larix</i> spp.			1927
<i>Melampsora medusae</i>	<i>Larix</i> spp. / <i>Populus</i>		1925	
<i>Marssonina brunnea</i>	<i>Populus</i>	1961	1958	
<i>Erwinia amylovora</i>	<i>Rosaceae</i>		1957	

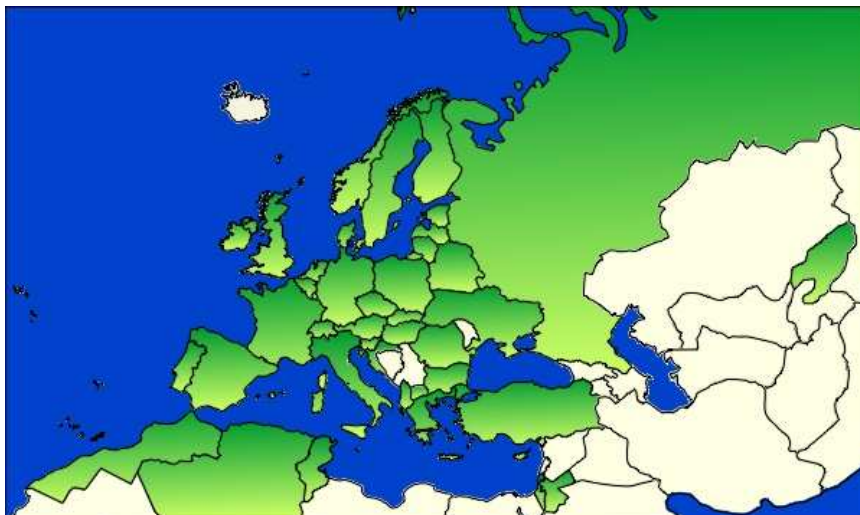
15.2 Mezinárodní úprava rostlinolékařské péče

Zavlečení jakékoli karanténní choroby přináší významné hospodářské ztráty. Mimo evropský kontinent existuje celá řada známých i dosud nepopsaných virových, bakteriálních (včetně rickettsií a mykoplasem) a houbových (včetně houbám podobných organizmů) chorob, které by v případě zavlečení mohly potenciálně významně ovlivnit nejen hospodářské výsledky lesního hospodářství, ale i stabilitu celých lesních ekosystémů. Pomineme-li hmyzí škůdce, lze namátkou jmenovat skupinu severoamerických, resp. asijských druhů sypavek a rzí na jehličnanech, původce vaskulárního vadnutí (*Ophiostoma/Ceratocystis*, *Valsa* a její anamorfní stadium *Cytospora*), dále pak např. *Fusarium*, *Verticillium*, bakteriózy aj.

V rámci potřeby ochrany určitého území se státy sdružují do mezinárodních organizací, jejichž cílem je zabránit šíření karanténních škodlivých organismů. V rámci Evropy a středomořských oblastí zajišťuje společný mezinárodní postup při ochraně území organizace EPPO – European and Mediterranean Plant Protection Organization. Založena byla v roce 1951 čtrnácti státy. V současnosti sdružuje EPPO 41 členských států z Evropy a středomořských zemí Afriky.

Doporučení EPPO pak jednotlivé země Evropy přejímají při tvorbě svých národních rostlinolékařských zákonů, směrnic a předpisů. Vycházejí z nich především při tvorbě seznamů karanténních škodlivých činitelů. V rámci Evropské unie se podařilo sblížit legislativu v rámci rostlinolékařské péče. Významný je zvláště systém rostlinolékařských pasů, kterými jsou vybaveny pěstované rostliny při jakémkoli pohybu zboží rostlinného původu v rámci Evropské unie. V rámci převozu materiálu mimo hranice EU, případně i uvnitř EU, je nutné vybavit rostliny rovněž rostlinolékařským certifikátem, který deklaruje nezávadnost převáženého rostlinného materiálu. Při jakémkoli dovozu zboží je nutné se seznámit s požadavky na dovoz, zvláště pak na nutnost a rozsah dodatkového prohlášení (*Additional declaration*) rostlinolékařského certifikátu. Tato zásada platí i při vývozu rostlinného materiálu do zahraničí, kde je nutné respektovat místní právní úpravy rostlinolékařské péče. Podrobné informace o požadavcích jsou obsaženy v aktuálně platné právní úpravě. V rámci Evropy jsou vyhlášovány tzv. chráněné zóny s cílem zamezit šíření určité choroby na vymezeném území. V současnosti je např. Česká republika chráněnou zónou pro rakovinu kůry kaštanovníku.





Členské státy EPPO (zdroj www.eppo.com)

15.3 Rostlinolékařská péče v ČR

Právní úprava rostlinolékařské péče v ČR je sjednocena s legislativou Evropské unie. Orgánem, který zajišťuje naplňování zákona, je Státní rostlinolékařská správa ČR.

Významné je ustanovení povinnosti pro právnické nebo fyzické osoby, které vyrábějí, zpracovávají, skladují nebo uvádějí do oběhu rostliny nebo rostlinné produkty, a vlastníci pozemků nebo osoby, které je užívají z jiného právního důvodu. Tyto osoby jsou při své činnosti povinny:

- 1) omezovat výskyt a šíření škodlivých organismů tak, aby v důsledku jejich přemnožení nevznikla škoda jiným osobám a aby nedošlo k poškození životního prostředí a zdraví lidí nebo zvířat,
- 2) ohlásit výskyt nebo podezření z výskytu karanténního škodlivého organismu stanoveného v prováděcím předpise, příslušnému orgánu rostlinolékařské péče buď přímo, nebo prostřednictvím obce. Zároveň mohou provádět ošetřování rostlin, rostlinných produktů nebo jiných předmětů proti škodlivým organismům jen registrovanými přípravky nebo pomocnými prostředky stanoveným způsobem a způsobitelnými mechanizačními prostředky.

Podle tohoto zákona podléhají všichni pěstitelé rostlinného materiálu registraci v souladu s platnou právní úpravou.

Pouze u části uvedených lesnických významných karanténních škodlivých organismů (dále KŠO) hrozí riziko zavlečení na území ČR, resp. se na území ČR již vyskytují. Ke KŠO, které podléhají ohlašovací povinnosti, náleží z hmyzích škůdců *Acleris* spp., *Choristoneura* spp. – neevropské druhy, *Anoplophora chinensis*, *Anoplophora glabripennis*, *Anoplophora malasiaca*.

Z bakteriálních chorob je pro dřeviny významná nekróza lýka jilmů (*Elm phloem necrosis phytoplasma*). Nejpočetnější jsou houby, z nichž jsou za karanténní považovány *Botryosphaeria laricina*, *Ceratocystis fagacearum*, *Chrysomyxa arctostaphyli*, *Cronartium* spp. – neevropské druhy, *Endocronartium* spp. – neevropské druhy, *Gymnosporangium* spp. – neevropské druhy, *Melampsora farlowii*, *Melampsora medusae*, *Mycosphaerella laricis-leptolepidis*, *Mycosphaerella populorum*, *Phellinus weirii*.

Další skupinu tvoří organizmy, které jsou karanténní při zjištění na rostlinách. Významné je zde například háďátko (*Bursaphelenchus xylophilus*). Karanténní jsou rovněž neevropské druhy smoláků (*Pissodes* spp.) a kůrovců (*Scolytidae* spp.). Z houbových chorob jsou karanténní zástupci rodu *Atropelis* spp., *Ceratocystis fimbriata* f. sp. *platani*, *Ceratocystis virescens*, *Cryphonectria parasitica*, *Mycosphaerella dearnessii*, *Mycosphaerella gibsonii*, *Mycosphaerella pini*.



Významné riziko pro stabilitu lesů v Evropě může představovat především zavlečení původce vadnutí dubů (*Oak Wilt*, *Ceratocystis fagacearum*) a bakteriální nekrózy lýka jilmu (*Elm phloem necrosis phytoplasma*) ze Severní Ameriky. Pro dřeviny je také významná bakteriální spála růžovitých rostlin (*Erwinia amylovora*), zavlečená do ČR v 80. letech. Z houbových chorob jde především o červenou sypavku (*Mycosphaerella pini*), která byla v ČR zaznamenána ve volné přírodě poprvé v roce 2000. Rakovina kůry kaštanovníku (*Cryphonectria parasitica*) byla v ČR zjištěna poprvé v roce 2002. Další ve vyhlášce uvedené druhy, jako je např. rakovina platanu (*Ceratocystis fimbriata* f. sp. *platani*, *Melampsora medusae*) nejsou z území ČR dosud známy. V Evropě je z oblasti středomořských zemí znám jeden druh karanténního rodu *Arceuthobium*, a to druh *Arceuthobium oxycedri*, který parazituje na jalovcích.

15.4 Charakteristika hlavních karanténních škodlivých organizmů

15.4.1 Červená sypavka (*Mycosphaerella pini*)

Mycosphaerella pini E. Rostrup (syn. *Scirrhia pini* Funk et A. K. Parker, anamorpha *Dothistroma septospora* [G. Doroguine] Morelet, syn. *Dothistroma pini* Hulbary, *Cytosporina septospora* G. Doroguine) byla v roce 1996 přeřazena do nového rodu *Eruptio* jako *Eruptio pini* (Rostr. apud Munk) M. E. Barr (BARR, 1996). Tento název není ve fytopatologické literatuře zaběhlý a dosud se používá dřívější zařazení do rodu *Mycosphaerella*. Přesnější je však používání názvu pro anamorfní stadium *Dothistroma septospora*, když teleomorfní stadium je velmi řídké a z některých oblastí není známo.

Červená sypavka způsobená houbou *Mycosphaerella pini* je dobře známá a nejvíce studovaná sypavka borovic, která způsobuje rozsáhlé poškození a defoliace širokého spektra borovic v řadě oblastí světa. Patogen pochází ze severní polokoule, v současnosti je rozšířen prakticky po celém světě. Přestože *M. pini* byla poprvé popsána v Evropě v roce 1911 (GIBSON, 1972), preferuje subtropické oblasti a horské oblasti tropů. Předpokládá se, že má svůj původ v horských oblastech Střední Ameriky (Honduras, Guatemala) v nadmořských výškách 1600–2200 m n. m. Souběžně s rozvojem obchodu se sadovním materiálem došlo k rychlému šíření této sypavky, která se stala nejvýznamnější chorobou borovic. Běžným patogenem je dnes v Severní Americe, Jižní a Střední Americe, Africe, Asii, Oceánii i v Evropě. V některých horských oblastech subtropů a tropů je limitujícím faktorem pro pěstování borovic. Zvláště citlivým druhem je komerčně nejrozšířenější *Pinus radiata*.

V Evropě se *M. pini* vyskytuje především v zemích jižně od České republiky (Chorvatsko, Itálie, Francie, Maďarsko, Rumunsko, Španělsko, aj.). V České republice byla poprvé zjištěna v roce 1999 na importovaných *Pinus nigra* z Maďarska. Ve volných výsadbách byla zjištěna poprvé v květnu 2000 na plantáži vánočních stromků *Pinus nigra* u obce Jedovnice, cca 30 km severně od Brna (JANKOVSKÝ, ŠINDELKOVÁ, PALOVČÍKOVÁ, 2000). V té době již byla známa z řady evropských zemí, včetně Rakouska (PETRAK, 1961), Slovinska (MACEK, 1975), Německa (BUTIN, RICHTER, 1983), Polska (KOWALSKI, JANKOWIAK, 1998), kde byla zjištěna v květnu 1990, Slovenska (KUNCA, FOFFOVÁ, 2000) a Maďarska (KOLTAY, 1997).

Během relativně krátkého období byla *M. pini* v České republice zachycena v řadě lokalit. Oproti původnímu očekávání se stala jedním z nejvýznamnějších recentně zavlečených karanténních organizmů. V průběhu tří let byla zaznamenána řada ohnisek, především na území Moravy, Slezska a východních Čech.

Mycosphaerella pini je celosvětově rozšířena zhruba na 30 druzích borovic. Mezi hostiteli jsou uváděny prakticky všechny ve střední Evropě pěstované borovice, zvláště pak *Pinus nigra*, *P. mugo*, *P. jeffreyi*, *P. ponderosa*, *P. contorta*, *P. peuce* a řada dalších. Hostitelskou dřevinou je i *Pinus sylvestris*. Jako příležitostný hostitel je uváděn rovněž *Picea abies*, *Picea omorica*, *Pseudotsuga menziesii* aj.

15.4.1.1 Symptomy infekce

Charakteristickými symptomy jsou červené pruhy na jehlicích, v nichž se formují acervuli v počtu 1–30 na jehlici. V jejich okolí je více či méně výrazné cihlově červené zabarvení. Askospory jsou pozorovány výjimečně; z řady oblastí nejsou teleomorfní plodnice známy.

Infekce proniká do rostlin skrze průduchy. Doba inkubace je odlišná podle místních podmínek. Zatímco v podmínkách subtropů bývá tato doba nejčastěji 6 týdnů, v evropských podmínkách je uváděna inkubace 2–6 měsíců. Doba infekce je závislá na době rašení jehlic, když infekce proniká přes průduchy jehlic, které ještě nemají vytvořenou dostatečně silnou vrstvu kutikulárních vosků. Obecně se uvádí, že doba infekce spadá do období, kdy jsou jehlice zcela vyrašené.



Mycosphaerella pini je nejčastější na sazenicích, kulturách a především na plantážích vánočních stromků do 10 až 20 let věku. Za příznivých podmínek napadá všechny ročníky jehlic a způsobuje totální defoliaci infikovaných stromů.

Symptomy infekce jsou proměnlivé v závislosti na hostitelské dřevině. Charakteristické je napadení jehlic spodní třetiny až dvou třetin koruny, kdy jehlice náhle odumírají, podobně jako v případě napadení sypavkami *Lophodermium pinastri* a *L. seditiosum*. Typické symptomy se rozvíjejí především v průběhu dubna až června. V této době je možné nalézt na loňských a předloňských jehlicích bradavičnaté útvary, pod kterými se vytvářejí subepidermální acervuli.

15.4.1.2 Symptomy infekce *M. pini* v podmínkách ČR

Typické projevy spojené s odumíráním jehlic spodní části koruny a hojným výskytem červených pruhů na odumřelých pletivech jehlic byly v ČR pozorovány především u *Pinus nigra*. Typické symptomy se tvořily i na dalších borovicích – *P. banksiana*, *P. contorta*, *P. aristata* aj. Odumírání konců jehlic se výrazně projevuje u náchylných *P. ponderosa* a *P. jeffreyi*.

Pinus mugo prosychá v celé koruně, nelze tedy odlišit napadenou spodní třetinu jako u *Pinus nigra*. Typické odumírání konců jehlic není tak zřejmé. Na jehlicích se tvoří spíše rezivé proužky. Ty se následně rozšiřují a začínají se tvořit acervuli. Charakteristické červené pruhy se vyskytují jen na zcela odumřelém jehličí.

U *Pinus sylvestris* se typické červené pruhy tvořily sporadicky pouze na opadaném jehličí. Infikované jehličí předčasně zežloutne s tvorbou jednotlivých hnědých skvrn. Acervuli byly pozorovány pouze na opadlém jehličí, výjimečně na odumřelém jehličí na větévkách. Odumírání konců jehlic není výrazné.

15.4.1.3 Bionomie *M. pini* v České republice

Otevírání acervuli *Mycosphaerella pini* bylo na většině sledovaných lokalit v ČR pozorováno již od poloviny března. V některých lokalitách byla pozorována tvorba konidií až od konce dubna. Kritické období infekce nastává od druhé poloviny května do konce června v době rašení nových výhonů borovic. Doba inkubace je v závislosti na klimatických podmínkách cca 2–4 měsíce. První symptomy nové infekce se projevují na jehlicích koncem srpna ve formě nespecifických žlutých skvrn na jehlicích. Posléze jehlice od vrcholů zasychají a odumřelá pletiva mají zprvu slámově hnědou barvu. V průběhu září se na odumřelých částech jehlic tvoří nejprve tmavě hnědé, posléze černé úzké proužky. V této fázi se formují na jehlicích plodnice, ve kterých se uvolňují konidie synanamorfy *Asteromella*. Od října jsou produkovány acervuli, provázené charakteristickými červenými proužky. V této době dochází k mohutnému rozvoji symptomů infekce. Projevy jsou zřejmé zvláště v předjaří. Při silném infekčním tlaku odumírají jehlice již v roce infekce, a to poměrně brzy – od srpna do září. Ve stejném roce se mohou vytvořit acervuli i s doprovodnými symptomy jako je výskyt červených proužků.

Silně infikované stromy jsou natolik oslabené, že se často nevytvoří dostatečně silné nové letorosty. Pokud vyrostou, jsou zkrácené a zakrnělé (*lion tails*), v dalším roce zpravidla pod tlakem infekce odumírají.

Askospory *Mycosphaerella pini* byly pozorovány pouze jednou na opadlých jehlicích *Pinus mugo* z lokality Říkovice (okres Svitavy). V jiných lokalitách nebyly askospory zaznamenány.

15.4.1.4 Zhodnocení rozšíření *M. pini* v České republice

Původce červené sypavky *M. pini* byl prvním případem zavlečení choroby s karanténním statutem na území České republiky. Poprvé byla zaznamenána *Mycosphaerella pini* v roce 1999 na *Pinus nigra* ssp. *austriaca*, původem z Maďarska, v rámci kontroly dováženého rostlinného materiálu SRS ČR. V dubnu 2000 byla na hraničním přechodu Mosty u Jablunkova zachycena dodávka *Pinus mugo* s infekcí *M. pini*, opět původem z Maďarska. Veškerý importovaný rostlinný materiál byl na základě mimořádného rostlinolékařského opatření Státní rostlinolékařské správy ČR zlikvidován.

První nález *M. pini* z volné výsadby byl v ČR zaznamenán v květnu 2000 na plantáži vánočních stromků *Pinus nigra* u Jedovnic na ŠLP Křtiny. V Čechách byla *M. pini* poprvé zaznamenána 23. června 2000 v obci Říkovice, cca 10 km západně od Litomyšle, na *Pinus mugo* a rovněž na *Pinus leucodermis*. O rok později byla *M. pini* zjištěna i ve školce v Litomyšli a v několika dalších lokalitách v okolí.



V některých oblastech je *M. pini* prakticky běžným patogenem. Zatímco nejnižší hranice zjištěného výskytu je v ČR v okolí Valtic a v NP Podyjí nedaleko hranic s Rakouskem, nejsevernější hranice jsou naopak na hranicích s Polskem v obci Mikulovice na Jesenicku, ve východních Čechách pak v podhůří Orlických hor. Bylo zjištěno více než 50 lokalit, často jde o velká ohniska ve výsadbách borovice černé, vesměs na Moravě, ve Slezsku a ve východních Čechách. Nejvíce jsou postiženy borovice ve věku 5–20 let. U borovice kleče byla červená sypavka pozorována i u jedinců starších 40 let. U jiných druhů borovic je vyšší věk hostitele výjimkou. Přesto byla *M. pini* zjištěna na *Pinus ponderosa* a *Pinus nigra* ve věku cca 25–30 let. Infekce zde byla pozorována pouze na nejspodnějších větvích. *M. pini* představuje problém především pro pěstitele vánočních stromků a producenty sadebního materiálu.

15.4.1.5 Spektrum hostitelů

Červená sypavka byla v ČR zjištěna prakticky na všech dvoujehličkových a tříjehličkových borovicích. Z pětičlých borovic byla zjištěna na *Pinus cembra*. Nejčastějším hostitelem červené sypavky v České republice je *Pinus nigra*, případně příbuzné druhy, následované *Pinus mugo*. K významnějším hostitelům v podmínkách ČR je nutné přiřadit také tříjehličkovou *Pinus ponderosa* a *Pinus jeffreyi*. Na *Pinus sylvestris* nepůsobí červená sypavka škody jako na *Pinus nigra*, resp. charakteristické symptomy s rozvojem červených pruhů se tvoří zřídka, vesměs až na opadlých jehlicích. Na *Pinus banksiana*, která může být za borovici lesní zaměněna, byla červená sypavka zjištěna v několika lokalitách. Stupeň poškození byl srovnatelný s poškozením *Pinus nigra*. *Mycosphaerella pini* byla rovněž zjištěna na *Picea pungens* a *Picea excelsa*. Vždy však šlo o jednotlivé nálezy v místech s vysokým infekčním tlakem z borovic černých.

15.4.2 Rakovina kůry kaštanovníku (*Cryphonectria parasitica*)

Rakovina kůry kaštanovníku *Cryphonectria parasitica* (MURRIL) M. E. BARR (*Endothia parasitica* [MURRIL] AND. ET AND.) je jedním ze závažných fyto-sanitárních rizik kaštanovníku. Choroba pochází z Asie, kde se vyskytuje na tamních druzích kaštanovníků jako *Castanea crenata*, *C. mollissima*, *C. seguinii*, *C. henryi* a zástupcích rodu *Castanopsis*. Její zavlečení na americký kontinent je datováno do let 1902, resp. 1904, kdy byla poprvé zjištěna v oblasti New Yorku na *Castanea dentata*. Nákaza se rychle rozšířila po celém severoamerickém kontinentu. Na evropském kaštanovníku jedlém (*Castanea sativa*) však byla pozorována již kolem roku 1880 v oblasti Kavkazu (PRIDNYA, 1996). Údaje z oblasti západní Evropy pocházejí z roku 1925 z Belgie a Anglie, ve Francii byla zjištěna na kaštanovníku asijského původu v roce 1936. V roce 1938 byla potvrzena nedaleko Janova v Itálii (JUHÁSOVÁ, 1999). Ve Španělsku byla objevena v roce 1942 a ve Švýcarsku v roce 1948. Ve stejné době byla zjištěna u města Nova Gorica na jihu Slovinska v tehdejší Jugoslávii. Postupně se rozšířila po celé tehdejší Jugoslávii, včetně Kosova a Makedonie. V Maďarsku byla rakovina kůry kaštanovníku poprvé pozorována v roce 1969 (KORTVÉLY, 1970, IN JUHÁSOVÁ, 1999). Infekce rakoviny kůry kaštanovníku zasáhla v 50. až 70. letech 20. století rovněž východ Balkánu a Turecko.

Na území tehdejšího Československa byla rakovina kůry kaštanovníku objevena v roce 1976 na Slovensku v lokalitě Prašice-Duchonka v okrese Topoľčany (JUHÁSOVÁ, 1990, 1991). Z území České republiky nebyla tato choroba do roku 2002 potvrzena.

V České republice byla rakovina kůry kaštanovníku poprvé zaznamenána v roce 2002 ze solitérní výsadby kaštanovníku v Uherském Brodě. Další nález pochází z května 2004 z Kuřimi, kde byly infikovány dva kaštanovníky. Významným ohniskem rakoviny byl Moravský Písek, kde byly zjištěny ve větrolamech desítky infikovaných kaštanovníků ve věku cca 30 let. Jako hostitel byl zde potvrzen i *Quercus rubra* (HALTOFOVÁ, JANKOVSKÝ, PALOVČÍKOVÁ, 2004).



15.4.2.1 Symptomy choroby

Charakteristickým znakem je prosychání koruny. Na hladkém kmeni a větvích se první příznaky projevují barevnou změnou kůry. Kůra se zprvu zbarvuje do červena jako důsledek nekrózy kambia. Borka postupně podélně praská a odlupuje se. Pod nekrózami se v lýku tvoří vějířovité žlutooranžové mycelium. V místě rakovin se později vytváří pyknidy, které jsou uloženy v červenooranžovém stromatu. Z pyknid jsou vytlačovány oranžové pentlice, které nesou konidie. Dvoubuněčné askospory jsou uvolňovány z hruškovitých peritécií, které se tvoří rovněž ve stromatech. K šíření infekce dochází při nalepení hmoty na těla hmyzu, ptáků aj. Konidie i askospory jsou s prachem roznášeny větrem na velké vzdálenosti. Vstupní bránou infekce jsou nejčastěji mikrotrhliny v borce, kam jsou konidie splavovány. Na napadené větvi či kmeni jsou patrné četné výmladky pod místy rakovin. Tvorba takových výmladků je pak jedním ze zjevných symptomů. Suché větve jsou sekundárně napadeny jinými houbami. *Cryphonectria parasitica* se snadno kultivuje na běžných agar-sladoých médiích. Po dvou dnech se tvoří na povrchu média bílé mycelium a zhruba v rozmezí 4–7 dnů začíná mycelium v laboratorních podmínkách fruktifikovat. Na povrchu kolonie se tvoří okrouhlé oranžové pyknidy velikosti cca 1–2 mm.

Odlupování kůry je nespecifickým znakem a může provázet rovněž stromy poškozené abiotickými vlivy, především mrazem. Kaštanovníky jsou také citlivé na odstřikující soli v okolí silnic a projevy odumírání jsou obdobné. Pod kůrou se však v těchto případech netvoří pro rakovinu kůry kaštanovníků typické žluté vějířovité mycelium a netvoří se plodnice.

15.4.2.2 Ochranná opatření

Původce rakoviny kůry kaštanovníku je podle doporučení EPPO karanténním škodlivým organismem. Jedním ze základních opatření je přísná mezinárodní ochrana zamezující pohybu materiálu z oblastí výskytu. Některé oblasti jsou v rámci platné evropské legislativy vyhlášeny jako chráněné zóny proti *Cryphonectria parasitica*. V rámci některých států, například ve Švýcarsku, je uplatňována restrikce pohybu kaštanovníku i mezi správně-organizačními jednotkami, v případě Švýcarska kantony. V rámci vnitrostátní ochrany jsou uplatňována rovněž profylaktická opatření, která směřují k likvidaci nákazy, restrikce pohybu v rámci určitého omezeného výskytu apod. I přes obrovskou produkci spor a možný přenos větrem, ptactvem nebo hmyzem je největším rizikem zavlečení do nových oblastí distribuce infikovaného rostlinného materiálu. Kromě kaštanovníku může být choroba zavlečena také s duby. V současnosti rovněž existuje riziko přenosu zdroje infekce dopravou, resp. pracovními nástroji, kterými byly stromy ošetřovány. Produkce spor, zvláště konidií této houby, je obrovská. Péče o kaštanovníky musí zohledňovat i tato hlediska.

Jedním z prvních aplikovaných opatření byla mechanická likvidace všech napadených jedinců. Tato profylaktická opatření však nebyla dostatečně účinná. Po určité době se choroba vesměs opět objevila. Kaštanovníky mají velkou výmladkovou schopnost. Právě výmladky v lokalitách, kde byly likvidovány stromy s infekcí, vykazovaly po několika letech opět známky infekce. Z hlediska dalšího šíření choroby je důležité podchycení a včasná likvidace ohniska. Chemická ochrana běžnými fungicidy není 100 % účinná a nezabrání dalšímu šíření choroby. Navíc aplikace chemie je v lesních porostech prakticky nemožná.

V 60. letech 20. století byl v některých lokalitách Itálie pozorován pokles četnosti poškozených stromů. Zároveň bylo pozorováno kalusové hojení rakovinných ran (MEZZETTI, 1968, in JUHÁSOVÁ, 1999). Popsán byl hypovirulentní kmen rakoviny kůry kaštanovníku, kdy mycelium houby bylo napadené hypovirem, který snižuje virulenci patogena. Napadené mycelium se v kultuře vyznačuje odlišnými fyziologicko-morfologickými vlastnostmi. Zatímco v kultuře vytváří *Cryphonectria parasitica* hojně oranžové plodnice, hypovirulentní kmen se vyznačuje tvorbou bílého povrchového mycelia. Tato vlastnost byla využita v biologickém boji proti této chorobě. Přenos hypoviru je možný pouze v rámci biologicky kompatibilního mycelia, kdy se vir šíří anastamózami. Samovolnému pronikání hypoviru v přírodě napomáhá pravděpodobně hmyz. Na základě těchto znalostí bylo napěstováno inokulum hypovirulentních kmenů, kterými jsou očkovány rány. Samotná metoda je však značně pracná. Napěstované hypovirulentní mycelium je vkládáno do jednotlivých ran. Možnosti plošné aplikace jsou omezené. Zde je nutno poznamenat, že tento způsob ochrany je jedním z mála možností léčení stromů vůbec.



15.4.3 Vadnutí dubů (*Ceratocystis fagacearum*; *Oak Wilt*)

Původce vadnutí dubů *Ceratocystis fagacearum* (Bretz) Hunt (syn. *Endoconidiophora fagacearum* Bremz, anamorpha *Chalara quercina* Henry) je znám pouze ze Severní Ameriky. V USA je udáván z 24 států. V Evropě nebyl původce vadnutí dubů prokázán. Některé nedokladované údaje o nálezů je nutné považovat za sporné.

Vadnutí dubů (*Oak wilt*), způsobené houbou *Ceratocystis fagacearum*, je známé pouze ze Severní Ameriky. Je typem vaskulární mykózy, resp. tzv. tracheomykózy, působené jediným patogenem, srovnatelným např. s grafiózou jilmu (*Ophiostoma ulmi*) na jilmech. Původce vadnutí dubů *Ceratocystis* splňuje Kochovy postuláty, kdy po izolaci patogenního agens z nemocného organismu jsou na zdravém organismu po přenesení patogena vyvolány stejné příznaky jako na původním hostiteli. Tím se liší od jiných zástupců rodu *Ophiostoma*, resp. *Ceratocystis*, kteří velmi často provázejí tzv. chřadnutí dubů (*Oak decline*), které je známé jak ze Severní Ameriky, tak i z Evropy.

Hostiteli jsou všechny druhy dubů. V Severní Americe byla tato choroba zjištěna na 16 druzích dubů, včetně ekonomicky významných druhů. Z hospodářsky významných druhů je nejcitlivější *Quercus rubra*. Projevy infekce byly zjištěny i na *Quercus alba*. Přirozená infekce byla zjištěna i na výsadbách kaštanovníku *Castanea mollissima* (BRETZ, LONG, 1950, REXRODE, BROWN, 1983). Umělými inokulacemi byla prokázána možnost infekce na více než 35 druzích dubů, dále na zástupcích rodu *Castanopsis*, *Lithocarpus* a *Malus* (SINCLAIR ET AL., 1987; REXRODE, BROWN, 1983).

Původce vadnutí představuje typickou vaskulární mykózou, která se šíří v bělové části dřeva. *Ceratocystis fagacearum* byla izolována ze dřeva kořenů, kmene, větví a větviček, dokonce i v řapících dubu červeného (FRENCH, 1980).

Ceratocystis fagacearum nepřežívá na odumřelém hostiteli dlouho a obvykle po roce po odumření hostitele mizí. Předpokládá se, že přežívání na podzemních částech rostlin je výrazně delší. Nejvýznamněji a rovněž nejrychleji se choroba šíří právě kořenovými srůsty. Šíření v nadzemních částech rostlin je výrazně pomalejší a ve srovnání s šířením kořenovými srůsty méně běžná.

První projevy infekce se nachází v oblastech Severní Ameriky od poloviny května do počátku června a jsou zřejmé po celé léto. U infikovaných stromů se jako první projevy objevují začervenání, případně zežloutnutí pletiv především v okolí žilek vadnoucích listů na postižených větvích nebo částech koruny. Jedním z projevů chřadnutí jsou rovněž okrajové léze listů. Ty jsou však nespecifické a mohou být vyvolány také suchem.

Nepříliš zřetelným symptomem jsou hnědé skvrny v běli větví jako důsledek šíření mycelia houby v pletivech. Během několika týdnů vadnoucí listy schnou a opadávají. Vadnutí dubů se šíří v porostech v průběhu celého léta. U řady druhů dubů, především dubu červeného, infikované stromy odumírají během jednoho roku.

Nejčastějším způsobem přenosu na dlouhé vzdálenosti je podkorní hmyz, možný je i přenos vzduchem, kdy spory kolonizují čerstvé rány. V lokálním měřítku se pak houba šíří nejvíce kořenovými srůsty v půdě z infikovaných jedinců na jedince zdravé. Kůrovci přenášejí spory z infikovaných stromů do ran živých stromů během úživných a matečných žírů.

Spory se šíří nejčastěji se shluků mycelia, které se tvoří na odumřelých pletivech kmene a velkých větví. Jsou uváděny i z nehroubí z větviček menších než 2–4 cm v průměru (GIBBS, FRENCH, 1980). Hojně jsou tvořeny především konidie. Askoskopory jsou tvořeny pouze v případě, že jsou v infikovaných pletivech přítomny dva kompatibilní kmene houby. Tvorba askospor nebyla pozorována na živých dubech. Plodnice teleomorfního stadia se obecně tvoří v pozdním podzimu a v předjaří a jsou pozorovatelné pouze dva až tři týdny. Mycelium plodnic láká hmyz, na jehož těle ulpívají lepkavé spory. Spolu s hmyzem jsou přenášeny na nové hostitele (DAVIES, 1992).

Nejvíce jsou postiženy porosty dubů z okruhu dubu červeného, když infikované stromy hynou během prvního roku infekce. Dopady choroby v jednotlivých oblastech USA jsou odlišné. Uvádí se, že nejhorší dopad na zdravotní stav dubů má choroba na severozápadě areálu rozšíření (GIBBS, FRENCH, 1980). Lze předpokládat, že odumírání dubů jako porostotvorné dřeviny může být problémem pro lesnictví s dopady do ekologické stability krajiny. Prozatím nejsou uváděny významné dopady do lokálních ekonomik. V městských výsadbách může mít vadnutí náchylných dubů významné sociální dopady



Symptomy vadnutí dubů jsou zaměnitelné s projevy tzv. chřadnutí dubů, případně s poškozením jinými abiotickými a biotickými stresory, které narušují transport vody v dřevině. Záměna je možná s prostým dopadem sucha, ať již jde o dlouhodobý vodní deficit, nebo dopad krátkodobého přísušku. Prosychání koruny je také typickým symptomem narušení kořenového systému, ať již jde o odumření kořenů v důsledku výronů plynů v půdě nebo o infekci kořenového kořenovými hnilobami.

15.4.4 Rakovina kůry platanu (*Ceratocystis fimbriata* f. sp. *platanī*)

Ceratocystis fimbriata Ellis & Halsted (syn. *Endoconidiophora fimbriata* (Ellis et Halsted) Davidson) byla původně popsána z batátů v roce 1890 jako typový druh rodu (HALSTED, 1890). SACCARDO (1892) změnil jméno na *Sphaeronaema fimbriatum* (Ell. & Halst.) Sacc. ELLIOT (1923) reklasifikoval druh jako *Ceratostomella fimbriata* (Ell. & Halst.) Elliot na základě studia struktury plodnic. Později byl druh přearažen do rodu *Ophiostoma* (MELIN, NANNFELDT, 1934), *Endoconidiophora* a konečně do rodu *Ceratocystis*. Z řady hostitelů, včetně hospodářsky významných plodin, byly popsány biologické a ekologické formy, resp. hostitelsky specifické kmeny *C. fimbriata*. Kmeny *C. fimbriata*, napadající kávovníky v Indonésii, byly popsány v roce 1900 jako zvláštní druh – *Rostrella coffea* Zimmerman. Posléze byl v roce 1952 původce této choroby ztotožněn s *C. fimbriata*. Na základě hostitelské specifity označili patogena, napadajícího platany jako zvláštní formu *C. fimbriata* f. sp. *platanī* Walter.

Ceratocystis fimbriata je známa prakticky ze všech kontinentů. Z Asie je uváděna např. z Číny (*Ipomea*), Indie (*Punica*), Indonésie (*Hevea*, *Ipomea*), Japonska (*Ipomea*, *Colocasia*), Malajsie (*Hevea*), Barmy (*Hevea*), Tchaj-wanu (*Crotalaria*). V Austrálii je rozšířena na rodu *Syngonium*, na Novém Zélandu je hostitelem *Ipomea*, na Nové Guinei na rodech *Ipomea* a *Hevea*. Z Afriky jsou údaje z Konga (*Eucalyptus*), Pobřeží slonoviny (*Crotalaria*) a Jihoafrické republiky (*Acacia*). V Jižní Americe se vyskytuje v Brazílii (*Hevea*, *Theobroma*, *Gmelina*, *Mangifera*, *Coffea* aj.), Kolumbii, Ekvádoru, Peru, Surinamu, Venezuele apod. Uváděna je prakticky ze všech států Střední Ameriky. V USA a Kanadě se vyskytuje především na *Populus* a *Platanus*. Uváděna je také na rodech *Ipomea* a *Prunus*. První pozorování z *Populus balsamea* pochází z roku 1998. V Evropě jsou údaje především z jihu Evropy, Itálie, Francie, Španělska a Švýcarska, kde je rozšířena forma specialis *platanī*, původce karanténní rakoviny platanů. Z Polska je uváděn výskyt *Populus tremula*.

Hostitelská specifita různých kmenů *C. fimbriata* byla potvrzena řadou studií. Například izoláty z manga a některých dalších hostitelů nemohou infikovat kakaovník. Především izoláty z kakaovníku, batátů a platanů vykazují výraznou hostitelskou specifitu. Navíc každá z těchto forem má odlišné geografické rozšíření.

Ceratocystis fimbriata je udávána z následujících hostitelů: *Acacia decurrens*, *Acacia mearnsii*, *Alocasia* spp., *Carya* spp., *Cassia renigera*, *Castanea sativa*, *Citrus* spp., *Coffea arabica*, *Colocasia esculenta*, *Crotalaria juncea*, *Erythrina* spp., *Eucalyptus* spp., *Ficus carica*, *Gmelina arborea*, *Herrania* spp., *Hevea brasiliense*, *Ipomoea batatas*, *Mangifera indica*, *Manihot esculenta*, *Pimenta officinalis*, *Platanus x hispanica*, *Platanus occidentalis*, *Platanus orientalis*, *Platanus racemosa*, *Populus*, *Prunus* spp., *Punica granatum*, *Spathodea campanulata*, *Syngonium* spp., *Theobroma cacao*, *Xanthosoma* spp.

Původce rakoviny platanů byl do Evropy pravděpodobně zavlečen ze Severní Ameriky (JACKSON, SLEETH, 1935), kde je rozšířena v některých státech USA, jako je například Arkansas, Kalifornie, New Jersey aj. Choroba je známa rovněž z Arménie. Již na konci 2. světové války byla pozorována v různých jihoevropských přístavech (PANCONESI, 1981). V Evropě se rakovina platanů rychle rozšířila především v Itálii, kde rozvrátila četné platanové aleje. V řadě oblastí Francie je v posledních letech pozorováno šíření této choroby. Uváděna je také ze Švýcarska a Španělska. Z České republiky není rakovina kůry platanu známa. Další šíření na sever však není možné vyloučit. Hospodářsky významným škůdcem je rakovina platanu zvláště v Itálii a jižních oblastech Francie, kde jsou poškozeny především stromořadí platanů.

Jediným hostitelem této formy specialis je rod *Platanus*, zvláště hybridní *P. x hispanica* jako široce pěstovaný okrasný strom na většině evropského území a jeho rodiče *P. occidentalis* a *P. orientalis*.

Ceratocystis fimbriata je původcem vaskulární mykózy platanu, poškozující cévy a cévice xylemu a floemu. Způsobuje vadnutí platanů a jejich postupné odumírání. Infekční jsou rovněž piliny z infikovaných stromů. Původce rakoviny platanů může i přes zimu přežívat po dobu tří měsíců na částech dřeva ve vodě a v půdě. *C. fimbriata* infikuje často rostliny oslabené působením abiotických faktorů, zvláště pak suchem nebo přívalem deště.



K infekci dochází nejčastěji čerstvými poraněními na kmeni, houba kolonizuje jak lýkovou, tak i dřevní část. Do vnitřní části stromů proniká skrze dřevové paprsky. Na platanech se rakovina platanu přenáší i kontaminovaným nářadím na prořezávání stromů a mechanizací na zpracování půdy, která poškozuje kořeny. Zvláště v oblastech, kde je zvykem provádět tvarovací řezy, se rakovina platanu šíří velmi rychle. Houba se na platanech přenáší také kořenovými srůsty. Možná je i penetrace skrze poraněné kořeny.

Přirozené šíření vzduchem je pomalé a přenos na velké vzdálenosti je tímto způsobem nanejvýš nepravděpodobný. Možný je i přenos kontaminovanou zeminou. Nejpravděpodobnějším způsobem mezinárodního šíření je obchodování s infikovaným sadebním materiálem a dřevem.

Výrazným projevem infekce je prosychání koruny a odumírání kosterních větví v koruně. V alejových výsadbách bývají napadeny jak jednotlivé stromy, tak i celé skupiny. Postižené stromy postupně chřadnou a obvykle po několika letech hynou. Symptomy infekce jsou podobné jako v případě jiných vaskulárních mykóz. V důsledku narušení transportu vody ve kmeni dochází ke zmenšování listových čepelí, posléze pak jejich žloutnutí a opadu. Na kmeni se mohou tvořit rozsáhlé rakovinné léze, kdy je kůra zprvu nazelenalá, posléze zahnědlá, pak políčkovitě rozpraskaná. Na okrajích poranění se netvoří žádné kalusové útvary. Léze se mohou šířit rychlostí 1–2 m za rok. Jestliže poranění obepínají kmen nebo hlavní větev, začíná se kůra výrazně barvit do červenohněda. Na příčném řezu napadených větví jsou vidět modročerné, pak hnědé vřetenovitě tvarované skvrny, rozšiřující se radiálně nebo více či méně do stran. V některých případech se infekce projevuje bez rozvoje nekrotických lézí, kdy dochází k vadnutí koruny. Projevem infekce je rovněž zabarvení dřeva, včetně dřeva kořenů. Podle vnějších symptomů je možnost záměny s projevy sucha, zasolení substrátu, poškození kořenového systému apod. i v těchto případech dochází k narušení transportu vody ve kmeni, schází však původce onemocnění *Ceratocystis fimbriata* f. sp. *platani*.

Kromě karanténních opatření neexistují v současnosti metody ochrany. Provádí se šlechtění na rezistenci a související výzkum. Efektivní může být u platanů omezení tvarovacích řezů a úzkostlivé dodržování dezinfekce řezných nástrojů a ošetřování ran.

V České republice nebyla tato choroba dosud potvrzena. Přestože zde existuje klimatická bariéra a z okolních zemí není choroba dosud známa, nelze její nález v budoucnu vyloučit. Rizikem jsou především dovozy odrostků a zavádění radikálních tvarovacích řezů korun platanů, které dosud v České republice jako biotechnická metoda vychovávání korun platanů nebyly obvyklé.

15.5 Rizika šíření dalších karanténních chorob

V poslední době je intenzivně zkoumáno riziko dopadů šíření houbové choroby *Phytophthora ramorum* pro duby. Tato houba je uváděna z USA jako původce odumírání dubů, známých jako *Suden Oak Death* (SOD). V Evropě byla zjištěna na celé řadě dalších hostitelů jako *Viburnum*, *Rhododendron* aj. v České republice byla potvrzena právě na *Rhododendron* spp. Na dubech se projevuje vedle prosychání koruny tvorbou mokvajících lézí na kmenech. V současnosti je nutné konstatovat, že situace na dubech v Evropě není prozkoumána. Jedním z důvodů jsou metodické obtížnosti při izolaci a diagnostice hub z rodu *Phytophthora*.

Při dovozech sadebního materiálu dubu je nutné striktně dodržovat veškeré požadavky rostlinolékařů. V rámci původců chorob rostlin, které jsou v rámci předpisů EPPO považovány za karanténní, je třeba upozornit neevropské zástupce rzí z rodu *Endocronartium* spp. a *Gymnosporangium* spp. Za karanténní škodlivý organizmus je považován i *Phellinus weirii*, dřevní houba napadající kořenový systém a bázi jehličnanů. V Severní Americe je známá podle své voštinové hniloby jako *Laminated root rot*. Riziko zavlečení této choroby na evropský kontinent je malé. Problematické by mohlo být pro evropské populace jilmů zavlečení bakteriálního nekrózy jilmů *Elm phloem necrosis phytoplasma*, která se projevuje poškozením lýka, jež získává typickou žlutou barvu. Karanténním škodlivým organizmem jsou rovněž poloparazitické rostliny z rodu *Arceuthobium* spp. Vesměs jde o drobné keříčkovité organizmy rostoucí na řadě jehličnanů především v Severní Americe. Z Evropy je znám jediný druh – *Arceuthobium oxycedri*, který se vyskytuje na jalovcích ve Španělsku.



16. Významné choroby dřevin

16.1 Dřevní houby

Armillaria spp. – václavky

Jako primární paraziti se václavky v České republice uplatňují zejména v sekundárních porostech jehličnanů, především smrku, douglasky a borovice. Hlavním predispozičním faktorem je porucha vodního režimu hostitelské rostliny. Výrazně se nedostatek vody projevuje v sekundárních smrkových porostech v nižších polohách a pahorkatinách.

V Evropě je na základě genetických studií KORHONENA (1978) a následujících nomenklaturických a taxonomických prací rozlišováno pět druhů prstenatých václavek: václavka severská (*Armillaria borealis*), václavka drobná (*A. cepistipes*), václavka smrková (*A. ostoyae*), václavka žlutoprstenná (*A. mellea*), václavka hlízovitá (*A. gallica*). Kromě toho se v Evropě vyskytují dva druhy bezprstenných václavek – václavka bezprstenná (*A. tabescens*) a v České republice kriticky ohrožená václavka rašelinná (*A. ectypa*).

Václavky byly zjištěny na více než 600 druzích dřevin a bylin ze všech klimatických zón. Mezi hostiteli jsou zástupci většiny čeledí – od stromovitých kapradin, přes nahosemenné a cykasy, až po liliovité a šachorovité z jednoděložných rostlin. Nejčastějšími hostiteli jsou však rostliny s druhotným tloušťnutím stonku a především dřeviny.

V České republice byly václavky zjištěny na 65 hostitelských druzích, z toho na 25 druzích jehličnanů. Mezi jednotlivými druhy existují rozdíly v ekologických nárocích. Z hlediska lesnického nejvýznamnější václavka smrková (*Armillaria ostoyae*) má ekologické optimum ve skupině lesních typů *Querceto – Fagetum*, kde je významným parazitem na kořenech smrku. Primárně infikuje rovněž kořenový systém *Abies alba*, *Quercus petraea*, *Fagus sylvatica* a dalších dřevin. Nikdy však není poškození těchto autochtonních dřevin tak významné jako v případě smrku, který je zde pěstován na okraji ekologického optima. Dominantním druhem lužních lesů a termofilních doubrav je václavka hlízovitá (*Armillaria gallica*). Oproti václavce smrkové tvoří její hostitelské spektrum především listnáče. Důvodem však není její specializace, ale především minimální zastoupení jehličnanů v nížinných oblastech. V lednickém parku jsou pak václavkou hlízovitou infikovány jehličnany ve stejné míře jako v pahorkatinách václavkou smrkovou. Václavka hlízovitá se vyskytuje společně s *Armillaria ostoyae* ve středních polohách, může však vystupovat až do hor. Václavka obecná (*Armillaria mellea*) se vyskytuje pouze v nejteplejších oblastech, takřka výlučně na listnatých a ovocných dřevinách. Z jehličnanů je udávána především z jižní Evropy; v České republice je znám pouze jediný náleze z *Thuja* sp. Kořenový systém listnatých dřevin infikuje rovněž václavka bezprstenná (*A. tabescens*). Václavka drobná (*A. cepistipes*) je spíše saprofytem na zahrnutých zbytcích dřeva. Václavka severská (*A. borealis*) bývá často sbírána poměrně vysoko na kmenech jehličnanů i listnáčů.

Udávána je také mykorhizická vazba václavek s některými nezelenými orchidejemi jako jsou *Galeola septentrionalis*, *Gastrodia cunninghamii* aj.

Kromě lesních porostů působí václavky také škody na výsadbách okrasných a ovocných dřevin i jiných hospodářských plodin. Z Evropy je hojně udávána *Armillaria mellea* jako původce odumírání citroníků, mandloní, meruněk, broskvoní, švestek a dalších peckovin, vinné révy, ořešáků apod. ve Středomoří. Jako původci chorob jsou václavky uváděny dokonce i z jahodníku, opuncii, bavlníku a různých druhů zelenin. V České republice působí václavky příležitostně škody v ovocných sadech a zahradách.

Z evropských druhů je udáváno nejširší spektrum hostitelů u *Armillaria mellea*. Podle údajů z Francie, Anglie a Itálie uvádí GUILLAUMIN (1993) 142 hostitelských druhů z 30 čeledí. Výčet zahrnuje i druhy introdukované. Naprostou většinu tvoří listnaté stromy a keře, z jehličnanů uvádí 14 zástupců *Pinaceae*, dva zástupce *Taxodiaceae* (*Cryptomeria* sp., *Sequoiadendron* sp.) a deset zástupců *Cupressaceae*. Bez zájímavosti není, že jako hostitelé *Armillaria mellea* jsou uváděny také některé jednoděložné rostliny: *Arundo donax* (*Poaceae*), *Strelitzia reginae*, *Musa chinensis* (*Musaceae*) aj. *Armillaria tabescens* je uváděna z 12 hostitelských druhů čtyř čeledí, když ani v jednom případě není udáván náleze na jehličnanu. *Armillaria ostoyae* byla zjištěna na 38 druzích rostlin devíti čeledí, z toho na 21 druzích jehličnanů (fam. *Pinaceae*, *Cupressaceae*). *Armillaria gallica* byla nalezena na 40 hostitelských druzích 14 čeledí, z toho 10 druzích jehličnanů (*Pinaceae*, *Cupressaceae*). *Armillaria borealis* je udávána pouze ze dvou hostitelů a *Armillaria cepistipes* pouze z *Tilia platyphyllos*. Nápadný nepoměr mezi počtem hostitelů u jednotlivých druhů svědčí o neúplnosti tohoto seznamu, zvláště u dvou posledně jmenovaných.



Velký počet druhů hostitelů se také rekrutuje z hospodářských plodin, zvláště pak z různých druhů ovocných dřevin, z vinné révy i dalších hospodářských plodin. Velký hospodářský význam mají škody působené václavkami především na peckovinách (mandloně, švestky, třešně, meruňky aj.) a vinné révě v jižní části Evropy. V tropech parazitují václavky mimo jiné i na banánovnících, kakaovnících, kaučukovníku aj.

Václavky s blanitým prstenem

***Armillaria mellea* (Vahl: Fr.) Kummer s. s. 1871 – václavka žlutoprstenná** (václavka obecná sensu stricto), (syn. *A. cerasi* Velenovský 1920, *A. montagnei* (Singer) Herink 1973, *A. mellea* (Vahl: Fr.) P. Karst. 1881) – je význačná vytrvalým, blanitým prstenem, žlutavým, zelenožlutým, olivově hnědým nebo olověně šedým kloboukem s drobnými moučnými šupinami. Třeň je dlouze svazčitý, plodnice vyrůstají v trsech. Druh se vyskytuje pouze v nejteplejších oblastech ČR na listnácích (*Quercus*, *Fraxinus*, *Acer* aj.) a ovocných dřevinách (*Prunus*, *Cerasus*, *Juglans* aj.). Pouze z jediného nálezu je známa z území ČR z konifer (*Thuja* sp.), v jižní Evropě je udávána z jehličnanů častěji (*Cedrus*, *Cupressus* aj.).

***Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink 1973 – václavka smrková** (syn. *A. obscura* (Schaeff.) Herink 1973, *A. mellea* var. *obscura* Gillet) – je nejrozšířenějším druhem na našem území, odpovědným za převážnou většinu kořenových hnilob, působených václavkami ve středních a nižších polohách na smrku, resp. na borovici. Zcela běžně se však vyskytuje i na řadě dalších listnáčů a jehličnanů, i když na našem území zpravidla nepůsobí na dalších dřevinách významnější škody. Původní hostitelské spektrum tvořila řada dřevin smíšeného lesa, především dub, buk a jedle. Význačná je medově hnědá barva klobouku, výrazné hnědé šupiny na klobouku a silný, vatovitý prsten. Rozkládá především kořeny a pařezovou část kmenů. Padlé kmeny jsou touto václavkou kolonizovány výjimečně.

***Armillaria borealis* Marxmüller et Korhonen 1982 – václavka severská** (syn. (?) *A. praecox* Velenovský, syn. václavka horská, v. severní) – je význačná tenkým, blanitým prstenem. O ekologii tohoto druhu a o jeho rozšíření není z území ČR mnoho údajů. Důvodem je skutečnost, že tento druh je přehlížen a nebývá rozlišován od jiných druhů václavek. Podle našich zkušeností se plodnice této václavky vyskytují na rozdíl od václavky smrkové poměrně vysoko na kmenech. Hniloba proniká i do bělové části kmene. Rovněž světélkování tlejícího dřeva bývá nejčastěji spojováno s tímto druhem. Vyskytuje se jak na jehličnanech, tak i na listnácích od středních poloh výše. Těžiště výskytu této václavky je spíše v horských a chladnějších oblastech.

Václavky s pavučinovitým prstenem

***Armillaria gallica* Marxmüller et Romagnesi 1987 – václavka hlízovitá** (syn. *A. mellea* var. *bulbosa* (Barla) Kille et Watling, *A. lutea* Gillet 1874, *A. inflata* (?) Velenovský) – je dominantním druhem v nižších polohách, především pak v lužních lesích. Výrazným znakem je pavučinovitý, záhy pomíjivý prsten, zanechávající na třeni pouze stopy ve formě jednotlivých vláken. V mládí je nápadná žlutá barva vloček na povrchu klobouku a na třeni. Přestože hostitelské spektrum tvoří především listnáče, běžně infikuje i jehličnany. Rozkládá především pařezovou část kmenů, kolonizuje však i ležící kmeny. Obecně je považována spíše za saprofyta. Stejně jako václavka smrková je však schopna parazitovat na živých, jinými faktory predisponovaných dřevinách. Příkladem mohou být buky v lužním lese nebo smrky v parkových výsadbách na podmáčených stanovištích, kde je kořenový systém poškozován vedle zamokření také letními přísušky.

***Armillaria cepistipes* Velenovský 1920 – václavka drobná** (syn. *A. bulbosa* (Barla) Velenovský 1927, *A. cepistipes* f. *pseudobulbosa* Romagnesi et Marxmüller 1983) – je drobným druhem, rostoucím především saprofytický na zahrnutém dřevě. Druh je těžko odlišitelný od václavky hlízovité. Bezpečná determinace je možná pouze na základě laboratorních testů kompatibility primárních mycelií.



Václavky bez prstenu na třeni

***Armillaria tabescens* (Scop.: Fr.) Emel 1921 – václavka bezprstenná** (syn. *Clitocybe tabescens* (Scop.: Fr.) Bres., *Armillaria socialis* (DC.: Fr.) Herink 1973) – je teplomilným druhem václavek, rostoucím na bázi a na pařezích listnáčů. Z našeho území je známa především z oblasti lužních lesů podél Dyje a Moravy. Pouze na listnáčích.

***Armillaria ectypa* (Fr.) Emel 1921 – václavka rašelinná** (syn. *Clitocybe ectypa* (F.) Bres., václavka bažinná) – vzácný druh václavky, známý z našeho území pouze z několika lokalit. Druh v ČR kriticky ohrožený a zvláště chráněný.

***Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink – václavka smrková**

Symptomy: plodnice v okolí kořenů, v půdě černé provazcovité rhizomorfy, u smrku výrony zčernalé pryskyřice na kořenech a na bázi kmene; jemné výrony na borce smrku, pod kůrou bílé syroccium, rhizomorfy pod kůrou.

Plodnice: rozděleny na třeň a klobouk, vesměs medová barva klobouku, ze spodní strany klobouku bílé nebo krémové lupeny, bílý výtrusný prach.

Doba fruktifikace: září - říjen, výjimečně i mimo toto období.

Hniloba: bílá, s typickými černými liniemi, v pokročilých stadiích mineralizace dřeva a tvorba dutin.

Hostitelé: všechny dřeviny; především pak smrk na nevhodných stanovištích.

Ochrana: volba stanovišť odpovídajících dřevinám, použití kvalitního sadebního materiálu s nedeformovaným kořenovým systémem.

Možnost záměny: šupinovka kostrbatá (*Pholiota squarrosa*) – výrazné hnědé šupiny na klobouku, tuhá dužnina, hnědý výtrusný prach.

Nebezpečí, opatření: především pro dřeviny oslabené v důsledku nevhodných stanovištních podmínek. U smrku narušení statické stability, u ostatních dřevin poškození individuální.

***Coniophora piceae* Černý sp. – popraška smrková**

Symptomy, plodnice, hniloba: poprašky vytvářejí hnědou hnilobu ve vnitřní části kmene. Hnědá hniloba neproniká do běli. Plodnice jsou resupinátní, olivově zelené, při okraji bělavé, vyrůstající na obnaženém dřevě. Houba je významná symbiózou s dřevokaznými mravenci, kteří vyhledávají stromy s infekcí pro stavbu hnízd. Tyto stromy jsou pak vyhledávány datlovitými ptáky, kteří prosekávají běl. Podle otvorů od datlovitých ptáků je možné identifikovat přítomnost poprašky ve kmeni.

Doba fruktifikace: červen – říjen.

Hostitelé: *Picea*, *Pinus*, *Larix*.

Nebezpečí, opatření: může dojít ke zlomení stromu v místě zeslabení běli.

***Coniophora* spp. – poprašky ostatní**

Coniophora arida (Fr.) Karst.,

Coniophora olivacea (Fr.) Karst.

Coniophora puteana (Schum.) Karst.

Symptomy: hnědá hniloba ve kmeni provázená častým výskytem dřevních mravenců.

Plodnice: resupinátní zelenošedé s bělavým lemem.

Doba fruktifikace: květen – říjen za příznivých vlhkostních a teplotních podmínek.

Hniloba: hnědá.

Hostitelé: listnáče.

Nebezpečí, opatření: většinou nedochází ke statickému selhání; ve kmenech může vznikat následnou činností dutina.



***Coprinus* spp. – hnojníky**

Symptomy: výskyt efemerních drobných kloboukatých plodnic na bázi kmene a v jeho okolí, často následujících kořeny v půdě.

Plodnice: drobné, subtilní plodnice, rozdílné podle jednotlivých druhů. Nejčastější je hnojník třpytivý (*Coprinus micaceus*), hnojník nasetý (*Coprinus disseminatus*) aj. Některé druhy spíše signalizují silné narušení kořenů jinými hnilobami, kdy kolonizují dřevo zetlelé jinou houbou. Při kolonizaci živých stromů reagují na odumření kořenů, například v důsledku epizody nepříznivých fyzikálních podmínek v půdě.

Doba fruktifikace: duben – listopad.

Hniloba: bílá, velmi křehká.

Hostitelé: obecně listnáče, velmi náchylné *Acer*, *Tilia*, *Alnus*.

Nebezpečí, opatření: možná signalizace havarijního stavu kořenů.

***Fistulina hepatica* (Scheff.): Fr. – pstřeň dubový**

Symptomy, plodnice: nápadné, červenavé, masité plodnice na kmenech, infekce proniká místy po odlomených větvích, případně dalšími mechanickými poraněními na kmeni. Plodnice jsou jednoleté, na stromě vytrvávají cca 1–3 měsíce, poté opadávají na zem. Na řezu mají plodnice masově červenou strukturu jazyka, povrch narůstajících plodnic je rosolovitý.

Doba fruktifikace: květen – červenec, září – říjen.

Hniloba: v prvních fázích jsou minimálně změněné mechanické vlastnosti, dřevo je měkké, tmavě hnědé až červenohnědé, dá se opracovávat nožem, v konečných fázích charakter hnědé hniloby.

Hostitelé: *Quercus*, *Castanea*.

Ochrana: odstranění kosterních větví s infekcí, u hlavních kmenů není zásah možný.

Možnost záměny: pstřeňovec dubový (*Buglossoporus quercinus*) – vyskytuje se vzácně v teplejších oblastech. Dužnina bělavá, hniloba hnědá.

Nebezpečí, opatření: riziko rozlomení kmene a pádu kosterních větví v pokročilých fázích infekce.

***Fomes fomentarius* (L.: Fr.) Fr. – troudnatec kopytovitý**

Symptomy: nápadné a hojně se tvořící plodnice na kmeni.

Plodnice: kopytovité, zprvu bochánkovité, pak pŕlkulaté, víceleté, postupně přirŕstající vrstvami rourek. Dužnina měkká, rezavě hnědá, se zrnitým jádrem. Ústí rourek je šedavé nebo narezlé, výtrusný prach bílý. Barva plodnice je variabilní od bílé až po černou. Plodnice má výrazný geotropismus.

Doba fruktifikace: plodnice jsou víceleté, postupně narŕstají tvorbou hymenia, nejčastěji v období březen – duben a září – říjen.

Hniloba: bílá, v prasklinách vyplněná bílým syrrociem.

Hostitelé: obecně všechny listnáče, nejčastěji *Fagus*, *Acer*, *Aesculus hippocastanum*.

Ochrana: zamezení poranění kmene.

Možnost záměny: troudnatec pásovaný (*Fomitopsis pinicola*) – bílá dužnina, hnědá hniloba, lesklokorka ploská (*Ganoderma applanatum*), lesklokorka tmavá (*Ganoderma adspersum*) – temně hnědá tuhá dužnina, hnědý výtrusný prach.

Nebezpečí, opatření: bílá hniloba rychle proniká do bělí a narušuje pevnost kmenů. Ty se v důsledku hniloby lámou. V případě infekce kosterních větví provést jejich odstranění, při napadení kmene je infekce fatální s extrémním rizikem statického selhání. Infekce je provázána vznikem mechanických trhlin na kmeni, které signalizují riziko akutního statického selhání.

***Fomitopsis pinicola* (Sow.: Fr.) Karst. – troudnatec pásovaný**

Symptomy, plodnice: konzolovité, víceleté plodnice s bělavým lemem, červenohnědým pásem na okraji a černým středem. U některých plodnic převládá jasně červenohnědá pokožka klobouku. Dužnina je bělavá, jemně nažloutlá, se silným zápachem po třísle, svíravé chuti. Ústí rourek je jemně nažloutlé.



Doba fruktifikace: plodnice narůstají v jarních a poté v podzimních měsících.

Hniloba: hnědá, s nápadným hranolovitým rozpadem.

Hostitelé: všechny listnáče a jehličnany.

Možnost záměny: troudnatec kopytovitý (*Fomes fomentarius*) – hnědá dužnina, bílá hniloba; pouze na listnácích.

Nebezpečí, opatření: hnědá hniloba rychle narušuje pevnost infikovaných větví, případně kmene. Kmeny se záhy lámou. Napadené stromy odumírají. S ohledem na špatnou prognózu vývoje zdravotního stavu je nutné infikované kmeny odstranit.

***Ganoderma adspersum* (S. Schulz) Donk – lesklokorka tmavá**

(syn. *Ganoderma australe* aut. p. p., *Ganoderma linhartii* (Kalchbr.: Linhart) Igmándy)

Symptomy, plodnice: vytrvalé plodnice podobné na plodnice lesklokorky ploské (*Ganoderma applanatum*). Jsou zavalité, na okraji jemně nažloutlé, dužnina je temně hnědá. Oproti lesklokorce ploské napadá výlučně báze kmenů.

Doba fruktifikace: vytrvalé plodnice přirůstají nejčastěji v podzimních měsících (září – říjen).

Hniloba: bílá, při rozkladu vznikají ve dřevě ve vzdálenosti cca 3–4 cm podélné a příčné trhliny, vyplněné bílým myceliem.

Hostitelé: listnáče, výskyt v ČR je vázán především na parky. Hojně jsou napadány i exotické dřeviny.

Nebezpečí, opatření: narušení stability kmene, když je infikována báze kmene. Míra narušení je závislá na míře kolonizace kmene, která může odpovídat počtu plodnic a jejich velikosti na posuzovaném stromě.

***Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat. – lesklokorka ploská**

(syn. *Ganoderma lipsiense* (Batsch) Atk.)

Symptomy, plodnice: nápadné, konzolovité až zploštělé, víceleté plodnice, vyrůstající na bázi kmene i na kmeni, často střežovitě nad sebou. Dorůstají značných rozměrů, jsou uváděny plodnice o průměru 180 cm. Na povrchu je zřejmá vrstevnatá struktura. Pokožka klobouku je křehká, na dotek se prolamující, leskle hnědá až červenohnědá, krytá však kakaově hnědým výtrusným prachem. Dužnina je světle hnědá až hnědá, žíhaná bílým myceliem. Ústí rourek je bělavé, omačkáním hnědnoucí. V hymeniu jsou často háčky mušky, specializované na hymenium lesklokorek *Agathomyia wankowiczii* (Schnabl).

Doba fruktifikace: vytrvalé plodnice přirůstají nejčastěji v podzimních měsících (září – říjen).

Hniloba: bílá, při rozkladu vznikají ve dřevě ve vzdálenosti cca 3–4 cm podélné a příčné trhliny, vyplněné bílým myceliem.

Hostitelé: listnáče, jehličnany; častá v parcích na bázích kmene v místech mechanického poranění kmenů.

Ochrana: zabránění vzniku poranění.

Možnost záměny: troudnatec kopytovitý (*Fomes fomentarius*) – měkká rezavohnědá dužnina, bílý výtrusný prach.

Nebezpečí, opatření: narušení stability kmene, zvláště pokud je infikována báze kmene.

***Ganoderma carnosum* Pat. – lesklokorka jehličnanová**

Symptomy, plodnice: jednoleté plodnice, vyrůstající na bázi kmene nebo z půdy nad kořeny. Plodnice jsou červenohnědé, v době narůstání s bělavým okrajem. Výtrusný prach je kakaově hnědý. Plodnice je rozlišena na excentrický třeň a polokruhovitý klobouk.

Doba fruktifikace: červen – září.

Hniloba: bílá.

Hostitelé: *Abies*, *Pseudotsuga*, *Picea*.

Nebezpečí, opatření: vzácná houba bez většího významu.



***Ganoderma lucidum* (Leyss.: Fr.) Karst. – lesklokorka lesklá**

Symptomy, plodnice: jednoleté plodnice, vyrůstající na bázi kmene nebo z půdy nad kořeny. Plodnice jsou červenohnědé, v době narůstání s bělavým okrajem. Výtrusný prach je kakaově hnědý. Plodnice je rozlišena na excentrický třeň a polokruhovitý klobouk.

Doba fruktifikace: červen – září.

Hniloba: bílá.

Hostitelé: *Quercus*, *Carpinus*, vzácněji další listnáče.

Nebezpečí, opatření: vzácnější houba bez většího významu.

Možnost záměny: na jehličnanech lesklokorka jehličnanová (*Ganoderma carnosum*), na listnácích možnost záměny za lesklokorku pryskyřičnatou (*Ganoderma resinosum*), která však nemá třen.

***Ganoderma resinaceum* Boud. in Pat. – lesklokorka pryskyřičnatá**

Symptomy, plodnice: jednoleté plodnice, na povrchu červenohnědé, lakově lesklé, částečně kryté kakaově hnědým výtrusným prachem. Ústí rourek je bělavé, omačkáním hnědnoucí. Při narůstání je plodnice okrově hnědá se žlutavým, zavalitým okrajem. Dužnina je tmavě hnědá, s výrazným bílým žíháním prorůstajících hyf mycelia.

Doba fruktifikace: jednoleté plodnice se tvoří v období června až září za příznivých klimatických podmínek.

Hniloba: bílá.

Hostitelé: *Quercus*, *Salix*, další listnáče včetně např. *Platanus*.

Možnost záměny: lesklokorka ploská (*Ganoderma applanatum*), lesklokorka tmavá (*G. adspersum*) – víceleté plodnice, lesklokorka lesklá (*Ganoderma lucidum*) – tvorba třeně.

Nebezpečí, opatření: poškození báze kmenů, v případě dlouhodobé infekce a vyrůstání plodnic po celém obvodu kmene nebezpečí vyvrácení. S ohledem na relativní vzácnost je hospodářský význam minimální.

***Grifola frondosa* (Dicks: Fr.) S. F. Gray – trsnatec lupenitý**

Symptomy: plodnice vyrůstající na bázi kmene nebo u báze kmene nad infikovanými kořeny; zbytky plodnic přetrvávají do další sezony.

Plodnice: jednoleté, trsnaté, až 60 cm velké, tvořené z 10–20 cm velkých kloboučků; plodnice jsou jedlé a chutné.

Doba fruktifikace: září – říjen.

Hniloba: bílé, lístkovitý rozklad báze kmene a kořenů.

Hostitelé: *Quercus*, výjimečně i jiné dřeviny.

Ochrana: preventivní zamezení vzniku poranění.

Možnost záměny: Trsnatec lupenitý (*Meripilus giganteus*) – rourky po omačkání šednou až černají, dužnina je nahořklá.

Nebezpečí, opatření: závažné narušení stability kmene v pokročilých fázích infekce. Narušení kořenů se projevuje prosycháním koruny.

***Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. – kořenovník vrstevnatý**

Symptomy, plodnice: na hrabance výskyt imperfektních bochánkovitých plodnic produkujících konidie. Perfektní rourkaté plodnice se tvoří na pařezech, na mechanicky narušených kořenech, kořenových náběžích a bázích kmenů. Na kmeni drobné ronění pryskyřice.

Hniloba: ve vnitřní části kmene se tvoří tzv. červená hniloba v celém průběhu kmene. Hniloba proniká ze středu k obvodu kmene, zdravých zůstává při dlouhodobé infekci pouze 10–15 ročníků letokruhů, jejichž šířka je zúžena v důsledku narušení kořenů. K infekci dochází v půdě na kořenech.

Doba fruktifikace: plodnice narůstají za vhodných podmínek po celou vegetační sezonu.



Hostitelé: jehličnany, především *Picea*, dále *Pinus*, *Abies*, *Pseudotsuga*, rovněž zaznamenána *Cryptomeria japonica*.

Možnost záměny: outkovka řadová (*Trametes serialis*) – saprofyt na pařezech smrků má rouškaté, jednoleté plodnice.

Nebezpečí, opatření: silné poškození kořenů a kmene hnilobou. Vysoké riziko vyvrácení nebo zlomení kmene ve výšce cca 3–4 m.

***Inonotus cuticularis* (Bul.: Fr.) Karst. – rezavec pokožkový**

Symptomy, plodnice: zprvu okrově hnědé, posléze rezavohnědé, jednoleté plodnice, 15–20 cm v průměru, střežovitě nad sebou uspořádané, vyrůstající v místě poranění, případně z dutiny. Na povrchu je klobouk krytý krátkými chlupy. Nápadný rezavohnědý výtrusný prach, zachytávající se v pavučinách nebo v okolí plodnice. K infekci dochází nejčastěji v místech mechanických defektů na kmeni, včetně srůstu kmenů. Dužnina je paprscitě uspořádaná, živě okrově rezavá až rezavohnědá.

Doba fruktifikace: červen – červenec, září – říjen.

Hniloba: bílá, probíhající středem kmene. V důsledku hniloby se tvoří dutina. Uvnitř dutiny dochází k fruktifikaci.

Hostitelé: listnáče, především bělové. Velmi často infikuje *Fagus*, *Acer* a *Tilia*.

Možnost záměny: rezavec štětinatý (*Inonotus hispidus*) – statné, temně rezavohnědé plodnice vyrůstající jednotlivě.

Nebezpečí, opatření: riziko zlomu kmene v místě infekce, odstraňovat větve a kmeny s pokročilou fází infekce s dlouhodobou tvorbou plodnic.

***Inonotus dryadeus* (Pers.: Fr.) Murrill – rezavec kořenový**

Symptomy: jednoleté plodnice na bázi kmene, plodnice velké až 50 cm, mohou tvořit mohutné límce kolem báze kmenů.

Plodnice: zprvu šedohnědé s rezavohnědým rouškem, v dužnině čočkovité útvary. Plodnice narůstají na bázi kmene během letních měsíců. Konečné velikosti dosáhnou během 1–3 týdnů. Po ukončení růstu se v roušku tvoří do konce vegetační sezony výtrusy. V další sezoně je plodnice rozkládána, vesměs však zůstává na stromě. Po dobu dalšího roku až 2 let je možné v okolí stromu narazit na zbytky plodnic.

Doba fruktifikace: červen – červenec.

Hniloba: bílá, tzv. pestrá hniloba. V konečných fázích dřevo ztrácí svou konzistenci a mění se v papírovinovou hmotu, kdy zůstává část vybělené celulózy.

Hostitelé: *Quercus*, uváděny i *Castanea*.

Ochrana: preventivní ochrana proti mechanickému poškození bází kmenů.

Možnost záměny: lesklokorka pryskyřičnatá (*Ganoderma resinosum*) – má kakaově hnědý výtrusný prach, povrch klobouku je lakově červenohnědý, často krytý kakaově hnědým výtrusným prachem, tmavě hnědá dužnina, jednoleté plodnice; lesklokorka tmavá (*Ganoderma adspersum*), lesklokorka ploská (*Ganoderma applanatum*) – víceleté plodnice, temně hnědá dužnina, kakaově hnědý výtrusný prach.

Nebezpečí, opatření: extrémně velké riziko s přihlédnutím ke stáří infekce a celkovému stavu dřeviny.

***Inonotus hispidus* (Bull.: Fr.) Karst. – rezavec štětinatý**

Symptomy, plodnice: mohutné, 20–50 cm velké, jednoleté plodnice, narůstající rezavohnědé, dozrálé temně černohnědé, vyrůstající z kmene a kosterních větví. Plodnice po dozrání zůstávají do podzimních až zimních měsíců na kmeni, pak opadávají. Zvláště v období vegetace je možné plodnice na kmeni a vysokých kosterních větvích přehlédnout. Napadení je pak zjevné podle opadlých plodnic v pozdním podzimu nebo v zimě. Dužnina paprscitě uspořádaná, okrově hnědá, narezlá, posléze rezavohnědá.

Doba fruktifikace: červen – červenec, září – říjen.

Hniloba: bílá, probíhající střední částí kmene, na okraji šedavá zóna.



Hostitelé: listnáče, především na *Fraxinus*, *Sorbus x intermedia*, *Sorbus latifolia*, *Sorbus torminalis*, *Platanus*, častý na ovocných dřevinách, zvláště na *Malus* a *Juglans*.

Možnost záměny: rezavec pokožkový (*Inonotus cuticularis*) – drobnější, střečovitě nad sebou uspořádané plodnice.

Nebezpečí, opatření: v případě infekce kosterních větví riziko pádu; u dlouhodobé infekce houba proniká do bělí a dochází k odumírání větví.

***Inonotus nidus-pici* Pilát – rezavec datlí**

Symptomy, plodnice: tvorba imperfektních plodnic v okolí místa infekce, nejčastěji v místech po odlomených větvích. Imperfektní plodnice dvouleté, bochánkovité, 5–8 cm v průměru, povrch důlkatý, prvním rokem okrové, světlé, druhým rokem černohnědé, v době fruktifikace chlamydospory jemně nazelenalé výtrusným prachem. Po dozrání imperfektní plodnice opadáva i s kusem hniloby a vytváří se dutina, v jejíž klenbě se tvoří jednoletá plodnice s hymeniem složeným z vrstvy rourek. Tato perfektní plodnice se tvoří v dubnu až květnu, kdy jsou hojně produkovány krémové výtrusy. Po dozrání plodnice opadáva i s kusem odumřelé hniloby, která je od aktivní části oddělena voskovitým myceliem.

Doba fruktifikace: imperfektní plodnice – podzim, narůstají po celou vegetační sezonu, perfektní plodnice duben – květen.

Hniloba: bílá, probíhající středovou částí celého kmene.

Hostitelé: *Quercus*, *Acer*, *Tilia*, další listnáče.

Možnost záměny: nádory na kmenech, *Inonotus obliquus*.

Nebezpečí, opatření: riziko zlomení větve v místě tvorby imperfektní plodnice.

***Inonotus obliquus* (Pers.: Fr.) Pil. – rezavec šikmý**

Symptomy, plodnice: vytrvalé imperfektní plodnice boulovitého tvaru, velké 10–40 cm, černé, na povrchu rozbrázděné až rozpraskané, vyrůstající z místa infekce – poranění na kmeni, po odlomené větvi; na jiných listnáčích se tvoří otevřené rakoviny na kmeni s tvorbou drobných až plošných imperfektních plodnic černé barvy a struktury jako u břízy. Rourkaté plodnice se vytváří až po odumření kmene, jsou tvořeny vrstvou jemně sešikmělých rourek, silných 1–2 cm.

Doba fruktifikace: imperfektní plodnice na podzim.

Hniloba: bílá, ve vnitřní části kmene.

Hostitelé: *Betula*; vzácněji i další listnáče.

Možnost záměny: rezavec datlí – drobné, okrouhlé plodnice a tvorba dutin.

Nebezpečí, opatření: minimální riziko statického selhání, napadené břízy jsou ve srovnání s ostatními břízami vesměs vitálnějšího vzrůstu.

***Inonotus radiatus* (Sow.: Fr.) Karst. – rezavec lesknavý**

Symptomy, plodnice: drobnější, zprvu rozlité, posléze bochánkovité, pak polokloboukaté plodnice, střečovitě nad sebou uspořádané. Ústí rourek je stříbřitě bělavé, lesknavé. Povrch klobouku je jemně narezlý. Plodnice jsou nejčastěji na bázích kmenů, na padlých kmenech pak po celé délce. Dužnina je paprsčitá, okrově rezavohnědá.

Doba fruktifikace: květen – červenec, září – říjen.

Hniloba: bílá, rychle pronikající do běle a narušující kambium.

Hostitelé: *Alnus*, vzácněji *Carpinus*, *Fagus*, další listnáče.

Možnost záměny: další druhy rezavců, na olši však záměna nehrozí.

Nebezpečí, opatření: s ohledem k rychlému pronikání do bělí dochází k odumírání kmene. Velké riziko odlomení kmene.



***Laetiporus sulphureus* (Bul.: Fr.) Murrill – sírovec žlutooranžový**

Symptomy, plodnice: v době fruktifikace jsou nejnápadnější, zprvu oranžové, bochánkovité, pak konzolovité, sírožluté, posléze bělavé plodnice, které jsou uspořádány střežovitě nad sebou, někdy jsou vyšší než 1 m. Nápadným znakem je i drobivá hnědá hniloba, jejíž dutiny jsou vyplněny bělavým syrrociem. Hniloba je nápadná i v místech po odlomených větvích, případně dalších defektech na kmenech. Dužnina bělavá, u starších plodnic s nepříjemným zápachem po svítiplynu.

Doba fruktifikace: duben – říjen za teplého a vlhkého počasí.

Hniloba: hnědá, rychle pronikající do běli a narušující mechanickou pevnost nejen dřeva, ale i kmenů a potažmo větví.

Hostitelé: listnáče, především *Salix*, *Quercus*, exotické listnáče, ovocné dřeviny, vzácněji jehličnany – *Taxus*.

Ochrana: zabránění mechanickému poranění kmenů.

Možnost záměny: bělochoroš ovocný (*Aurantiporus fissilis*) – má bílé plodnice.

Nebezpečí, opatření: nutný okamžitý sanační zásah, extrémní riziko statického selhání pádem kosterních větví a rozlomením kmenů. Běžně rozšířená houba se značným dopadem na provozní bezpečnost stromů.

***Meripilus giganteus* (Pers.: Fr.) P. Karst – vějířovec obrovský**

Symptomy: trsnaté plodnice, na bázi kmene velké až 50 cm, zčernalé zbytky plodnic přetrvávají do následující sezony.

Plodnice: trsnaté, skládající se z velkého počtu cca 15–20 cm velkých, jazykovitých plodnic s měkkou dužninou. Povrch klobouku je jemně šupinatý, ústí rourek jsou bělavá, omačkáním a stárnutím černají.

Doba fruktifikace: červen – červenec, září – říjen.

Hniloba: bílá, lístkovitá.

Hostitelé: *Fagus*, *Quercus*, *Carpinus*, *Tilia*.

Ochrana: zabránění mechanickým oděrkám na bázi kmene.

Možnost záměny: trsnatec lupenitý (*Grifola frondosa*) – světle šedé plodnice, rourky omačkáním nehnědnou, dužnina sladká.

Nebezpečí, opatření: extrémně velké riziko havárie s přihlédnutím ke stáří infekce a celkovému stavu dřeviny.

***Perenniporia fraxinea* (Bull.: Fr.) Ryvarden – troudnatec jasanový**

(syn. *Fomes fraxineus* (Bull.: Fr.) Lloyd)

Symptomy: vytrvalé plodnice vytvářející límce na bázích kmenů.

Plodnice: víceleté plodnice s tuhou, šedookrovou dužninou. Je velmi houževnatá, obtížně dělitelná nožem i sekýrou. Ústí rourek jsou drobná.

Doba fruktifikace: stáří některých přesahuje několik desítek let.

Hniloba: bílá.

Hostitelé: *Fraxinus*, vzácně *Robinia*, výjimečně jiné dřeviny (*Acer*, *Fagus*).

Ochrana: zamezení vzniku poranění na kmeni.

Možnost záměny: *Ganoderma* – lesklokorky jsou význačně tmavě hnědou dužninou, červenohnědou, lesklou pokožkou klobouku, mají kakaově hnědý výtrusný prach.

Nebezpečí, opatření: narušení stability kmene, riziko v závislosti na stáří infekce – je možné odhadnout podle velikosti plodnice.



***Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat. – hnědák Schweinitzův**

Symptomy, plodnice, hniloba: jednoleté plodnice vyrůstají na bázi kmene a nad kořenovými náběhy. Výjimečně vyrůstají i na kmeni do výšky 3–4 m. Narůstající plodnice jsou okrově narezlé, staré plodnice jsou temně červenohnědé. Zbytky plodnic je možné identifikovat na stanovišti i další vegetační sezonu. U *Larix*, *Pseudotsuga* a *Pinus strobus* nápadně zbytnělé báze kmene. Hniloba hnědá, hranolovitě se rozpadající. Infikovány jsou kořeny a kmen.

Doba fruktifikace: červen – červenec, září – říjen.

Hostitelé: *Pinus*, *Larix*, *Pseudotsuga*, *Picea*.

Možnost záměny: plodnice rodu *Onnia* – drobnější, působí voštinovou hnilobu s výronem pryskyřice na kmenech.

Nebezpečí, opatření: v parcích jedna z nejnebezpečnějších dřevních hub, která narušuje stabilitu jehličnatých dřevin, zvláště pak *Larix*. V případě dlouhodobého výskytu plodnic je nutné předpokládat rozsáhlou hnilobu uvnitř kmenů a realizovat sanační opatření.

***Phellinus igniarius* (L.: Fr.) Quél. – ohňovec obecný**

Symptomy, plodnice: konzolovité až kopytovité víceleté plodnice, na povrchu černavé, u starých plodnic jemně políčkovitě rozpraskané, ústí rourek je narezlé, produkující bělavé spory. Plodnice vyrůstají hojně na kmenech a na mohutných kosterních větvích. Nápadná tvrdá dužnina, s bílým tečkovitým žiháním prorůstajícím myceliem, v místě po odlomených plodnicích vyrůstá žlutookrové mycelium.

Doba fruktifikace: plodnice přirůstají v období s vhodnou teplotou a vlhkostí, nejvýznamnější tvorba spor v září – říjnu.

Hniloba: bílá, zaujímající celý průřez kmene, rychle pronikající do běli, v hnilobě černé koncentrické linie.

Hostitelé: vrby, zvláště *Salix alba*, *Salix fragilis*.

Možnost záměny: ohňovec jívový (*Phellinus trivialis*) – na *Salix caprea*, jemně sešíkmené rouško; ohňovec osikový (*Phellinus tremulae*) – na *Populus tremula*, ohňovec Pilátův (*Phellinus pilatii*) – na *Populus alba*, *Populus x canescens*, ohňovec topolový (*Phellinus populicola*) – na *Populus alba*, ohňovec olšový (*Phellinus alni*) – *Alnus*, *Malus*, *Sorbus*, *Fagus sylvatica*, *Carpinus betulus*. Ohňovec černající (*Phellinus nigricans*) se vyskytuje v horských oblastech na *Fagus sylvatica*; ohňovec Lundellův (*Phellinus lundellii*) – na břízách v chladnějších oblastech. Troudňatec kopytovitý (*Fomes fomentarius*) – má rezavohnědou, měkkou dužninu. Lesklokorka ploská (*Ganoderma applanatum*) – má kakaově hnědý výtrusný prach, bílé ústí rourek, omačkáním hnědnoucí. Lesklokorka pryskyřičnatá (*Ganoderma resinsum*) je typická červenohnědými, na povrchu lesklými, jednoletými plodnicemi.

Nebezpečí, opatření: bílá hniloba rychle narušuje pevnost již tak křehkého vrbového dřeva. Vysoké riziko provozních havárií pádem kosterní větve nebo rozlomením kmene.

***Phellinus hartigii* (Allesch. & Schnabl.) Bondartsev. – ohňovec Hartigův**

Symptomy, plodnice: zavalité, rezavohnědé plodnice na kmenech. Povrch klobouku je hnědý až rezavohnědý, někdy hluboce rozpraskaný, často s nárůsty řas. Narezlé ústí rourek je hladké, s drobnými rourkami. Dužnina je rezavohnědá, jemně našedlá.

Doba fruktifikace: plodnice patrné po celý rok.

Hniloba: bílá, poměrně rychle pronikající do běli v místě tvorby plodnice.

Hostitelé: *Abies*, vzácněji *Picea*.

Nebezpečí, opatření: výskyt v parcích minimální, v lesních porostech dochází ke zlomům kmenů v místech nad plodnicemi, kde hniloba pronikla k běli a zeslabila mechanickou pevnost kmenů.



***Phellinus pini* (Brot.: Fr.) A. Ames – ohňovec borový**

Symptomy, plodnice, hniloba: hlavním symptomem jsou víceleté plodnice vyrůstající v místech pronikání infekce, nejčastěji v místech po odlomených větvích. Plodnice jsou konzolovité, skládající se z mnoha vrstev rourek. Povrch klobouku je černohnědý, rozpraskaný, často porostlý epifytickými mechorosty. Ústí rourek je rezavohnědé, póry jemně labyrintické. Plodnice dosahují věku desítek let, nelze vyloučit ani dobu parazitace na starých borovicích, která významně přesáhla 100 let. Hniloba voštinová, úzce vázaná na jádro, k infekci dochází až od věku 40 let borovic, kdy je jádro vyvinuto.

Doba fruktifikace: k narůstání rourek víceletých plodnic dochází za příznivých klimatických podmínek v červnu až červenci.

Hostitelé: *Pinus*.

Nebezpečí, opatření: i přes pokročilou hnilobu dochází ke zlomu kmenů výjimečně. Pokud je běl zdravá, tj. nepronikla-li do ní další houba, dobře odolává mechanickým náporům.

***Phellinus robustus* (Karst.) Bourdot et Galzin – ohňovec statný**

Symptomy, plodnice: zavalité, rezavohnědé plodnice na kmenech. Povrch mnohaletých (i více jak 20 let) plodnic bývá porostlý řasou zrněnkou (*Pleurococcus vulgaris*). Povrch klobouku je hnědý až rezavohnědý, někdy hluboce rozpraskaný. Narezlé ústí rourek je hladké, s drobnými rourkami. Dužnina je rezavohnědá, jemně našedlá.

Doba fruktifikace: plodnice jsou patrné po celý rok.

Hniloba: bílá, poměrně rychle pronikající do běli v místě tvorby plodnice.

Hostitelé: *Quercus*, *Castanea*, *Robinia pseudoacacia*; zvláště citlivý *Quercus rubra*.

Možnost záměny: typické znaky.

Nebezpečí, opatření: v případě infekce dochází v důsledku hniloby k riziku statického selhání rozlomením kmene nad místem infekce. Nutnost okamžité sanace.

***Phellinus tuberculosis* (Baumg.) Niemelä – ohňovec ovocný**

(syn. *Phellinus pomaceus* (Pers.: S. F. Gray) R. Maire)

Symptomy, plodnice: drobnější, cca 5–8 cm velké, bochánkovité plodnice, jsou jemně narezlé barvy, na větvích a kmenech, často ze spodní strany infikovaných větví vytvářejí plošné nárosty po celé jejich délce. Plodnice jsou víceleté. Dužnina je živě rezavohnědá.

Doba fruktifikace: plodnice jsou patrné po celý rok.

Hniloba: bílá, pronikající celým kmenem, v místě infekce proniká bělí, kde dochází k výraznému zeslabení mechanické pevnosti.

Hostitelé: švestky, třešně, sakury.

Nebezpečí, opatření: nebezpečí rozlomení kmenů v místě fruktifikace.

***Pholiota adiposa* (Fr.) Kummer – šupinovka slizká**

Symptomy, plodnice: kloboukatá, se zlatavě žlutým až žlutooranžovým, za vlhka slizkým kloboukem, s hnědými šupinami na povrchu. Lupeny jsou hnědavé, výtrusný prach hnědý. Třeň je okrově hnědý. Plodnice často vyrůstají v trsech v místech poranění na kmeni nebo na bázích kmenů, případně nad infikovanými kořeny.

Doba fruktifikace: říjen – listopad.

Hniloba: bílá.

Hostitelé: listnáče, především *Fagus*, *Carpinus*, *Betula*; rovněž na ovocných dřevinách.

Možnost záměny: šupinovka zlatozávojná (*Pholiota aurivella*) – vyskyt na vrbách.

Nebezpečí, opatření: riziko pádu infikovaných větví. Na bázi kmenů dochází k narušení kořenového systému a tím i k zakotvení.



***Pholiota aurivella* (Batsch: Fr.) Kumm – šupinovka zlatozávojná**

Symptomy, plodnice: kloboukatá, se zlatavě žlutým až žlutooranžovým kloboukem, s hnědými šupinami na povrchu. Lupeny jsou hnědavé, výtrusný prach hnědý. Třeň je okrově hnědý. Plodnice často vyrůstají v trsech v místech poranění na kmeni nebo na bázích kmenů, případně nad infikovanými kořeny.

Doba fruktifikace: říjen – listopad.

Hniloba: bílá.

Hostitelé: *Salix*, hojně vyrůstá z řezných ploch.

Možnost záměny: *Pholiota adiposa* – na jiných listnáčích.

Nebezpečí, opatření: riziko odlomení infikovaných kosterních větví.

***Pholiota destruens* (Brond.) Quél. – šupinovka zhoubná**

Symptomy, plodnice: kloboukaté plodnice, na povrchu hedvábně naředlé, starší plodnice až hnědé, s nápadnými velkými šupinami na povrchu klobouku. Plodnice vyrůstají nejčastěji z řezných ran nebo čel topolů černých, případně z povrchu odkorněného dřeva. Třeň je bělavý, tuhý, lupeny jsou nahnědlé, výtrusný prach hnědý.

Doba fruktifikace: říjen – listopad.

Hniloba: bílá, pronikající celou délkou kmene.

Hostitelé: *Populus nigra*, vzácně *Alnus*.

Možnost záměny: s jinými druhy šupinovek.

Nebezpečí, opatření: riziko rozlomení kmenů, houba často proniká řeznými plochami po zmlazovacích řezech.

***Pholiota squarrosa* (Pers.: Fr.) Kumm. – šupinovka kostrbatá**

Symptomy, plodnice: trsnaté plodnice, výrazné okrově hnědé barvy, s nápadnými hnědými šupinami, posléze světle okrové, s rozvitým rovným kloboukem.

Doba fruktifikace: září – listopad.

Hniloba: bílá, na kmeni i kořenech, v některých oblastech velmi významný parazit kořenů např. jasanů, ale i jabloň.

Hostitelé: listnáče i jehličnany, především *Fraxinus*, *Malus*, *Tilia*, *Corylus collurna* aj.

Možnost záměny: václavky (*Armillaria* spp.) – mají bílý výtrusný prach.

Nebezpečí, opatření: riziko narušení stability kmene při výskytu na bázi kmene a na kořenech.

***Phytophthora* spp.**

Symptomy: poškození kořenů, často nápadné zabarvení pletiv lýka. Některé druhy produkují modré barvivo do okolní půdy. Koruny stromů prosychají, listy jsou abnormálně malé, žluté. Mrtvé kořeny byly bývají zbavené kůry. Hlavním symptomem napadení jsou nekrózy vodivých pletiv kořenů a spodních částí kmene, které doprovází tmavý nebo rezavý výtok.

Nebezpečí, opatření: narušení funkce kořenů, chřadnutí až odumření dřeviny. K přesné identifikaci je nutná speciální determinační technika. Na dřevinách je uváděno několik druhů. Nejznámější je původce tzv. inkoustové nemoci *Phytophthora cambivora* a *Phytophthora cinnamomi*, uváděna je rovněž *Phytophthora syringae* a *Phytophthora citricola*. V posledních letech je s chřadnutím olší spojován komplexní agregát podobný druhu *Phytophthora cambivora*, označovaný jako *Alder Phytophthora*. Z USA je jako původce odumírání dubů označovaný *Sudden Oak Death* (SOD), uváděn druh *Phytophthora ramorum*. V Evropě byl zjištěn na celé řadě dalších hostitelů jako kalina (*Viburnum* spp.), pěnišník (*Rhododendron*) aj.

***Piptoporus betulinus* (Bull.: Fr.) Karst. – březovník obecný**

Symptomy, plodnice: nápadné, bílé až šedavé plodnice jsou víceleté; čerstvé plodnice jsou dužnaté, s výraznou houbovou vůní, starší, vyschlé, jsou lehké, podobné polystyrenu.

Doba fruktifikace: červen – červenec, září.



Hniloba: hnědá, s rychlým pronikáním celou délkou a průřezem kmene, který rychle odumírá a rozlamuje se na cca metrové sekce.

Hostitelé: *Betula*.

Nebezpečí, opatření: napadené stromy rychle odumírají, hrozí riziko pádu kmene nebo jeho částí. Je nutné okamžitě odstranit infikované odumírající stromy.

***Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. – hlíva ústřičná**

Symptomy, plodnice: polokloboukaté, bokem přirostlé plodnice s krátkým postranním třeněm. Hymenium je tvořeno bílými lupeny. Povrch klobouku je zprvu až ocelově šedý, pak šedavý, později žlutavě bílý. Dužnina je bílá, s nápadnou houbovou vůní.

Doba fruktifikace: říjen – listopad, ale i mimo tuto dobu (kromě období dlouhodobých výrazných poklesů teplot pod nulu).

Hniloba: bílá, rychle postupující z místa infekce. Proniká i do běli, poškozuje rovněž kambium.

Hostitelé: listnáče, vzácně jehličnany.

Možnost záměny: jiné druhy hlív jako například hlíva plicní (*Pleurotus pulmonarius*), houževnatci (*Lentinus* spp.) – jsou významní zoubkatým ostřím lupenů, líhy (*Lyophyllum* spp.), *Hypsizigus* spp. – mají trsnatý růst, jednotlivé plodnice pak mají centrický třeň.

Nebezpečí, opatření: v důsledku narušení běli stromy rychle chřadnou a odumírají. Rychlým pronikáním snižuje statickou pevnost kmene. Nebezpečí rozlomení kmene.

***Polyporus squamosus* (Huds.): Fr. – choroš šupinatý**

Symptomy, plodnice: polokloboukaté plodnice, s bokem přirostlým, excentrickým, krátkým třeněm. Plodnice jsou velké až 50 cm, s krémovou pokožkou klobouku, s výraznými hnědými trojúhelníkovými šupinami. Ústí rourek je bílé, jemně labyrintické. Plodnice často vyrůstají z řezných ran.

Doba fruktifikace: duben – květen, září – říjen, prakticky po celou vegetační dobu.

Hniloba: bílá, s jemnými příčnými a podélnými trhlinami.

Hostitelé: listnáče, nejčastěji *Tilia*, *Acer*, *Fagus*; všeobecně rozšířený hojný druh.

Nebezpečí, opatření: v případě výskytu v paždí kosterních větví nebo v místech dělení kmenů hrozí riziko rozlomení. Je nutné provést sanaci.

***Schizophyllum commune* (Fr.) Fr. – klanolístka obecná**

Symptomy, plodnice, hniloba: drobnější, cca 1–3 cm velké plodničky, povrch klobouku je bělavý nebo naředlý, chlupatý, hymenium je tvořeno šedými, jemně nafialovělými lištami, na ústí rozeklanými do tvaru písmene Y. Hniloba bílá, rychle pronikající do běli. Je udávána rovněž jako houba, poškozující a ucpávající cévy.

Doba fruktifikace: plodnice jsou patrné po celý rok.

Hostitelé: prakticky všechny listnáče a jehličnany, zvláště významný druh na bělových listnáčích, především *Tilia*. U meruněk je udáván jako původce apoplexie meruněk.

Možnost záměny: pařezník (*Panellus* sp.) – nemají rozeklané ostří lupenů.

Nebezpečí, opatření: houba rychle proniká do kmenů místy mechanického poranění, kolonizací běle narušuje fyziologické funkce dřeviny.

***Ustulina deusta* (Fr.) Petrak – dřevomor kořenový**

(syn. *Hypoxylon deustum* (Hoffm.: Fr.) Grev.)

Symptomy: plodnice na bázi kmene, zvláště mezi kořenovými náběhy. Mohou být kryté mechem nebo lišejníky a uniknout pozornosti.

Plodnice: rozlité plodnice, v době narůstání v dubnu a květnu zprvu bělavé, pak zbarveny šedozelenými konidiemi, produkovanými v anamorfní plodnici, která se posléze mění v černé, skořepaté stroma s peritecií.



Doba fruktifikace: duben, květen – tvorba imperfektních plodnic, květen, červen – tvorba peritecií v černých stromatech.

Hniloba: bílá, s černými liniemi; hniloba tvrdá, na lomu křehká, s lasturnatým lomem, malá pevnost ve smyku.

Hostitelé: listnáče, zvláště bělové.

Ochrana: zamezení mechanickému poškození báze.

Možnost záměny: hniloba dřevnatky kyjovité (*Xylaria polymorpha*) – je prakticky shodná.

Nebezpečí, opatření: extrémní riziko statického selhání, hniloba je mechanicky málo pevná, kmeny jsou náchylné k vylovení v bázi, symptomy snadno uniknou pozornosti.

17. Popisy hlavních druhů hmyzu

***Agelastica alni* (L.)** – bázlivec olšový

Chrysomelidae – mandelinkovití

Popis škůdce: 6–8 mm. Černomodrý až fialový, oválný brouk. Výskyt duben - říjen. Škodí brouk i larva, a to žírem listů různě starých olší, bříz, habrů, vrb, ale i na rodu *Prunus*.

Příznaky napadení: černé, 1 cm velké larvy v průběhu června – července okénkují, později děrují a skeletují listy.

Ochrana, obrana: sběr imag, odstraňování listů s larvami, příp. postřik.

***Bupalus piniarius* (L.)** – píďalka tmavoskvrnáč

syn. tmavoskvrnáč borový

Geometridae – píďalkovití

Popis škůdce: rozpětí 3–4 cm. Tmavě hnědý motýl s bílými skvrnami (♂) nebo žlutohnědý, bez skvrn (♀). Tykadla samců jsou hřebenitá, samic nitkovitá. Výskyt květen – červenec. Samička klade v řadách na spodní stranu starých borových jehlic.

Příznaky napadení: žlutozelené housenky s bělavými, podélnými pásy, přecházejícími až na hlavu, bočně ožírají staré jehlice až po střední žebro. Jehlice smolí, žloutnou a opadávají. Výskyt housenek během srpna – září.

Ochrana, obrana: sběr housenek, podpora ptactva, příp. postřik.

***Calliteara pudibunda* (L.)** – štětconoš ořechový

syn. *Dasychira pudibunda*

Lymantriidae – bekyněvití

Popis škůdce: rozpětí 4–5 cm. Světle šedohnědý motýl s četnými vlnkami na předních křídlech. Zadní křídla jsou šedavě bílá, bez kresby. Vytváří i tmavé formy. Výskyt květen – červen. Vyvíjí se na buku, dubu, habru, bříze, ořešáku, kaštanovníku a ovocných stromech.

Příznaky napadení: žlutá housenka se čtyřmi světle žlutavými štětičkami na hřbetě a delším, červenavým chvostkem štětín na konci zadečku. Při pohybu jsou patrné černé zářezy. Později je hnědavě šedá až lehce narůžovělá. Ožírají listy během července - října.

Ochrana, obrana: sběr housenek, podpora ptactva, příp. postřik.

***Cameraria ohridella* (Desch. et Dim.)** – klíněnka jírovcová

Gracillariidae – vzpřímenkovití

Popis škůdce: rozpětí 7–10 mm. Drobný motýlek s dlouhými, úzkými a dlouze otrásněnými křídly. Přední křídla jsou hnědavě zlatitá, s bílými, černě lemovanými příčkami. Výskyt duben - září ve 2–3 generacích. Přezimuje kukla v pergamenovitém zámotku mezi svrchní a spodní epidermis spadlého listu. Vývoj v listech jírovce.

Příznaky napadení: zpočátku prosvítající, posléze hnědé, plošné minování na listech.

Ochrana, obrana: hrabání a pálení opadaného listu, příp. postřik. Byť působí velmi silné a opakované poškození, málokdy ohroží existenci dřeviny.



***Cephalcia abietis* (L.) – ploskohřbetka smrková**

syn. *Cephaleia abietis*, *Lyda abietis*, *Cephalcia hypotrophica* (Htg.)

Pamphiliidae – ploskohřbetkovití

Popis škůdce: 11–14 mm. Ploché, červenohnědé, širopasé vosy s černou hlavou a hrudí. U samečků 1.–3., u samic pouze 1., zadečkový článek shora černý. Výskyt duben – červen. Vývoj zejména ve starších smrkových monokulturách.

Příznaky napadení: ožrané staré jehlice. Zelené, občas žluté housenice se 3 páry hrudních nožek a párem pošinek, žijící v předivových vacích plných trusinek, které se časem spojují. Výskyt červen – září (říjen).

Ochrana, obrana: odstranění větví s předivovými vaky, příp. postřik.

***Cerambyx cerdo* (L.) – tesařík obrovský**

Cerambycidae – tesaříkovití

Popis škůdce: brook 30–50 mm dlouhý, černý, lesklý s krovkami dozadu se zužujícími a přecházejícími v bavě do červenohněda. Štít hrubě vrásčitý. Tykadla samečka delší než tělo, u samičky stejně dlouhá jako tělo.

Příznaky napadení: Larvy hlodají chodbu nejprve v kůře, lýku na dubu, jasanu či jilmu. Závěr chodby (15–50 cm dlouhé) je hlodán ve dřevě a je zakončena kuklovou kolébkou.

Ochrana, obrana: chráněný druh, neprovádí se.

***Cossus cossus* (L.) – drvopleň obecný**

Cossidae – drvopleňovití

Popis škůdce: rozpětí 6–9 cm. Mohutný, tmavě šedohnědý motýl, s kresbou křídel připomínající kůru. Výskyt červen - červenec na topolu, vrbě, dubu, ořešáku, jeřábu, jabloni a jiných ovocných stromech.

Příznaky napadení: až 10 cm dlouhé housenky vyžirají ve dřevě kmenů svislé, zčernalé, až 1 m dlouhé chodby zapáchající po octu. Housenky vyhadzují spodním otvorem z chodeb třísky a trus. Svrchu jsou masově červené, zespodu žluté. Kuklí se v třískovém zámotku v zemi či v ústí chodby. Poškozené stromy poznáme podle kvasící šťávy při patě kmene.

Ochrana, obrana: odstranění a spálení napadených stromů.

***Diprion pini* (L.) – hřebenule borová**

syn. *Lophyrus pini*

Diprionidae – hřebenulovití

Popis škůdce: 7–10 mm. Hnědočerné (♂) a bledě žluté (♀), zavalité, širopasé vosičky. Samečci mají dvojité hřebenitá, samičky pilovitá tykadla. Výskyt duben - květen a příp. červenec - srpen ve dvou generacích. Zejména na borovici lesní, méně často na b. černé, banksovcu a vejmutovce.

Příznaky napadení: ožrané jehlice. Nejprve z boku až ke střední žilce, později celé až k pochvě. Žluté až šedožluté, příp. zelenočerné housenice s 11 páry nožek. Mohou okusovat i kůru čerstvých výhonků.

Ochrana, obrana: podpora ptáků a mravenců. Sběr housenic, odstřihávání silně napadených částí, příp. postřik.

***Dreyfusia nordmannianae* (Eckst.) – korovnice kavkazská**

syn. *D. nuesslini* (Börn.)

Adelgidae – korovnicovití

Popis škůdce: drobounké, červenohnědé mšice, pokryté bělavým popraškem a vlákny. Pochází z Kavkazu. Primárním hostitelem je jí ve své domovině *Picea orientalis* a sekundárním hostitelem *Abies nordmanniana*. V našich podmínkách napadá jehlice mladších jedlí bělokorych.

Příznaky napadení: kroucení, žloutnutí a opadání mladých jehlic, usychání výhonků. Mšice na kůře a jehlicích.

Ochrana, obrana: odstranění silně napadených částí, příp. postřik.



***Erannis defoliaria* (Cl.) – píďalka zhoubná**

syn. tmavoskvrnák zhoubný

Geometridae – píďalkovití

Popis škůdce: rozpětí 3–4 cm. Elegantní motýlek. Přední křídla jsou žlutohnědě skvrnitá, se dvěma hnědými příčkami a světlým středním polem. Zadní křídla jsou bledě žlutá. Samička je bezkřídlá, černobíle skvrnitá. Výskyt září – listopad (prosinec). Vývoj zejména na dubech a ovocných stromech, ale i habru, buku, topolu, jilmu, bříze či lípě.

Příznaky napadení: hnědě žlutozelená housenka bez panožek, na bocích s tmavou zubatou linií ohraničující tmavší, hřbetní část od světlé, břišní části. Žír během května – července.

Ochrana, obrana: sběr housenek, podpora ptactva, příp. postřik.

***Eriogaster lanestris* (L.) – bourovec březový**

Lasiocampidae – bourovcovití

Popis škůdce: rozpětí 3–5 cm. Červenohnědý motýl s bílými příčkami na křídlech. Na předních křídlech jsou čtyři bílé skvrny. Na zadečku má chomáč dlouhých černých chlupů. Výskyt březen – duben. Škodí housenka. Vývoj na hlohu, třešni, švestce, bříze, lípě, vrbě, trnce apod.

Příznaky napadení: na konci větví jsou přítomna sepředená hnízda tmavohnědých housenek s červenožlutými skvrnami na hřbetě. Výskyt květen – červenec.

Ochrana, obrana: sběr housenek, podpora ptactva, příp. postřik.

***Euproctis chrysorrhoea* (L.) – bekyně zlatořitná**

Lymantriidae – bekyněvití

Popis škůdce: rozpětí 3–4 cm. Bílý motýl se zlatohnědým zadečkem. Samička klade na spodní strany listů a hromádky vajíček pokrývá chloupky ze zadečku. Výskyt červen – červenec. Vývoj především na ovocných stromech, vrbách, dubech a bucích.

Příznaky napadení: rezavé hubky na spodní straně listů. Červenohnědé housenky s bílými bočními skvrnami a světle rezavými chlupy. Žír v květnu – červnu. Zimují v hnízdech (až 2 000 ks).

Ochrana, obrana: sběr hubek a housenek, podpora ptactva, příp. postřik.

***Ips acuminatus* (Gill.) – lýkožrout vrcholkový**

Scolytidae – kůrovcovití

Popis škůdce: 2–4 mm. Hnědý kůrovec s lesklými, jemně tečkovanými krovkami, o málo delšími než štít. Výskyt duben – květen a červenec ve dvou generacích. Využívá se pod tenkou kůrou větví a vrcholových partií borovic.

Příznaky napadení: v běli hluboce zařiznutý, hvězdovitý požerek s 2–5, ale i 12 matečnými chodbami, dosahujícími až 40 cm. Chodby jsou ucpány drtinkami a trusem. Larvové chodby jsou řídké a krátké.

Ochrana, obrana: zlepšení vodního režimu stromu. Ořez napadené části koruny a spálení klestu. Odstranění stromu.

***Ips typographus* (L.) – lýkožrout smrkový**

Scolytidae – kůrovcovití

Popis škůdce: 4–5 mm. Tmavohnědý, lesklý, zlatavě chlupatý kůrovec. Výskyt květen – září až ve třech generacích. Vývoj na smrku, okrajově na borovici a modřínu.

Příznaky napadení: na kmeni kupičky hnědých drtinek od zavrtávajících se samečků. 1–3 ramenný svislý požerek s matečnými chodbami dlouhými 6–15 cm. Rezavějící jehličí.

Ochrana, obrana: podpora vitality stromu zlepšením půdního prostředí. Feromonové odpárníky během května – září, výměna po 4 až 7 týdnech. Včasná likvidace kůrovcových stromů.



***Leperisinus fraxini* (Panz.) – lýkohub jasanový**

syn. *L. varius* (F.), *Hylesinus fraxini*

Scolytidae – kůrovcovití

Popis škůdce: 2,5–3,5 mm. Podlouhle oválný, skvrnitý lýkohub, s krovkami rezavě červeně, světle i tmavě šupinkatými. Výskyt březen - duben a červen – červenec. Brouci se vyvíjejí pod kůrou jasanu.

Příznaky napadení: pod kůrou příčné či šikmé svorkovité matečné chodby, dlouhé až 10 cm, s hustými, podélnými, larvovými, až 5-ti cm chodbami, končícími v běli kuklovou kolébkou. Korové růžice na mladších kmíncích či větvích způsobené zralostním žírem brouků.

Ochrana, obrana: zlepšení vodní bilance v půdě. Odvoz čerstvých či nedávno padlých kmenů a rovnaného dříví. Příp. odstranění silně napadených stromů.

***Lymantria dispar* (L.) – bekyně velkohlavá**

Lymantriidae – bekynovití

Popis škůdce: rozpětí 4 (♂) až 7 (♀) cm. Samička je špinavě bílá, s delšími předními křídly, sameček je hnědavý. Obě pohlaví mají na předních křídlech tmavé, příčné vlnky. Nakladená vajíčka pokrývá samička chloupky ze zadečku, vytváří se tak tzv. hubka. Výskyt srpen – září. Vývoj na dubu, habru, buku, kaštanovníku, jabloni a hrušni, méně pak na lípě, bříze, vrbě, topolech, javoru, olši, příp. modřínu.

Příznaky napadení: žlutavě hnědé hubky v dolní části kmenů. Až 7 cm dlouhé, chlupaté, šedě-žluté housenky s dvěma řadami, v přední části modrých a v zadní červených, bradavek. Velké množství trusinek pod korunou stromů. Žír během června – července.

Ochrana, obrana: sběr hubek a housenek, podpora ptactva, příp. postřik.

***Lymantria monacha* (L.) – bekyně mniška**

Lymantriidae – bekynovití

Popis škůdce: rozpětí 4–5 cm. Bílý motýl s černými zubatými příčkami na předních křídlech. Zadní křídla s hnědošedým nádechem. Časté jsou tmavé aberace. Výskyt červenec – srpen (září). Vývoj na smrku, borovici, ale i listnáčích, zemědělských plodinách a bylinách.

Příznaky napadení: žloutnutí a hnědnutí rašících výhonů. Vyžrané pupeny. Plýtvavý žír na jehlicích. Hnědě žlutošedé, chlupaté housenky s velkou hlavou. Pod korunou velké množství větších trusinek.

Ochrana, obrana: sběr housenek, podpora ptactva, příp. postřik. Podzimní kontrola kůry na přítomnost vaječných, stříbřitě šedých snůšek. Jarní (březnové) dubnové - květnové lepování stromů před vylíhnutím housenek.

***Lytta vesicatoria* (L.) – puchýřník lékařský**

Meloidae – majkovití

Popis škůdce: 12–22 mm. Plochý, kovově zelený brouk s měkkými krovkami. Je cítit myšinou. Při podráždění vylučuje z kloubů žlutavou tekutinu způsobující puchýře. Výskyt květen – červen. Brouci žerou na jasanu, ptačím zobu, zimolezu a šeříku.

Příznaky napadení: ožrané listy s pouze zachovanými řapíky a středními nervy.

Ochrana, obrana: sběr brouků v rukavicích.

***Malacosoma neustria* (L.) – bourovec prstěncitý**

Lasioleptidae – bourovcovití

Popis škůdce: rozpětí 3–4 cm. Žlutohnědý motýl s tmavým, příčným pruhem na předních křídlech. Výskyt květen – srpen. Vývoj na jabloních, třešních, broskvoních, meruňkách, dubech, habrech, břízách, kaštanovnících, topolech, vrbách a jilmech, příp. i na jiných listnáčích.

Příznaky napadení: vajíčka v prstencích kolem větévek. Šedomodré housenky s bílou hřbetní linií a červenožlutými a modrými pruhy na bocích. Žijí nejprve pospolitě, později se rozlézají po živém stromě. Výskyt květen – červen. Housenky snášejí delší dobu hladovění.

Ochrana, obrana: sběr housenek, příp. postřik.



Melolontha melolontha* (L.) – chroust obecnýScarabaeidae* – vrubounovití

Popis škůdce: 2–3 cm. Statný, klenutý brouk s hnědými krovkami, černou hlavou a štítem a hnědými, vajíčovitými tykadly. Výskyt duben – červen. Polyfág více než 120 listnatých dřevin, příp. modřínu. Přednost dává dubům, bukům, topolům, lískám, jeřábům, ořešákům, jírovcům, břízám, vrbám a ovocným dřevinám, zejména slivoním.

Příznaky napadení: žírem brouků skeletované listy.

Ochrana, obrana: sběr brouků, příp. postřik v době, kdy je většina samic na stromech, ale ještě neodletla k 1. snůšce, zejména syntetické pyrethroidy.

Operophtera brumata* (L.) – píďalka podzimníGeometridae* – píďalkovití

Popis škůdce: rozpětí 2–3 cm. Žlutavě šedý motýlek s tmavšími, vlnitými příčkami na předních křídlech. Zadní křídla jsou bělošedá. Samička pouze s pahýlovitými křídly. Výskyt říjen – listopad (prosinec). Polyfág. Vývoj na buku, dubu, habru, javoru, lísce, ovocných stromech aj. listnáčích. Nepohrdne ani lišejníkem.

Příznaky napadení: zelená housenka, bez panožek, se žlutavými, podélnými proužky na těle. Hlava žlutavě zelenavá, bez proužků. Žír během května – června.

Ochrana, obrana: sběr housenek, podpora ptactva, příp. postřik.

Orgyia antiqua* (L.) – štětconoš trnkovýLymantriidae* – bekyňovití

Popis škůdce: rozpětí 3 cm. Rezavě hnědý motýl s tmavším, příčným pruhem a bílou skvrnou v zadním rohu předních křídel. Výskyt červenec – srpen (září = 2. generace). Zadní křídla jsou víceméně jednobarevně světle rezavá. Samička je bezkřídlá, žlutošedá, zavalitá. Vývoj na dubech, bucích, vrbách, břízách, trnkách, ale i na smrcích nebo modřínkách a na některých bylinách, jako je borůvčí apod.

Příznaky napadení: černé, později šedé, červenožlutě proužkované housenky se čtyřmi chomáčky sytě žlutých štětin na hřbetě a dvěma černými chvostky na hlavě. Výskyt duben – září.

Ochrana, obrana: sběr housenek, podpora ptactva, příp. postřik.

Paranthrene tabaniformis* (Roz.) – nesytka ovádováSesiidae* – nesytkovití

Popis škůdce: rozpětí do 3,5 cm. Menší, nenápadný motýl s předními křídly hnědými a zadními zcela průhlednými. Tělo i tykadla jsou černomodré. Výskyt květen – červenec. Tříletý vývoj probíhá v topolech.

Příznaky napadení: lysé, žlutobílé housenky vyžirají chodby v kořenech, větvích a mladých kmíncích, které často zduří.

Ochrana, obrana: odstranění a spálení napadených částí stromů.

Pineus strobi* (Htg.) – korovnice vejmutovkováAdelgidae* – korovnicovití

Popis škůdce: drobná mšice sající na borovici vejmutovce.

Příznaky napadení: husté, bílé povlaky vaty, kryjící sající mšice na větvích a kmeni.

Ochrana, obrana: odstranění silně napadených částí, příp. postřik.

Pityogenes chalcographus* (L.) – lýkožrout lesklýScolytidae* – kůrovcovití

Popis škůdce: 2–3 mm. Červenohnědý, velmi lesklý kůrvec s černým štítem. Výskyt duben - červenec ve dvou generacích. Napadá smrky rozdílného věku.



Příznaky napadení: hvězdicovitý požerek s 3–6 (8) matečnými, 2–6 cm dlouhými chodbami. Larvové chodby jsou 3 cm krátké, husté. Snubní komůrka je patrná pouze v běli, nikoliv na vnitřní straně kůry.

Ochrana, obrana: podpora vitality stromu zlepšením půdního prostředí. Feromonové odpárníky během dubna – září, výměna po 4 až 7 týdnech.

***Saperda carcharias* (L.) – kozlíček topolový**

Cerambycidae – tesaříkovití

Popis škůdce: 20–30 mm. Podlouhlý, plstnatý, šedavě žlutý kozlíček s drobně, ale hustě černě tečkovanými krovkami. Výskyt červen – srpen. Vývoj v topolech.

Příznaky napadení: zduření napadených částí a hromádka hrubých, hnědožlutých třísek při kmeni a v otvoru, kterým je larva vyhazuje z chodby. Brouci okusují mladou kůru 1–3letých výhonků a v listech vykusují okrouhlé otvory.

Ochrana, obrana: sběr brouků, odstranění napadených stromků, příp. chemické ošetření (během května - června) sousedních stromků.

***Saperda populnea* (L.) – kozlíček osikový**

Cerambycidae – tesaříkovití

Popis škůdce: 10–15 mm. Úzký, podlouhlý, zelenavě šedý kozlíček s 8–10 žlutými skvrnami na krovkách. Na štítě jsou dva žluté, podélné pásy. Výskyt květen – červenec. Vývoj na topolech, příp. jívách.

Příznaky napadení: hrbolaté zduřeniny na tenkých větvích (1–2 cm v průměru) a mladých kmíncích.

Ochrana, obrana: sběr brouků. Odstranění napadených stromků či jejich částí, příp. chemické ošetření sousedních stromků (během května - června).

***Scolytus multistriatus* (Marsh.) – bělokaz pruhovaný**

Scolytidae – kůrovcovití

Popis škůdce: 2–4 mm. Hnědě černý až černý kůrovec. Výskyt květen - srpen ve dvou generacích. Na středně silných kmenech a ve vrcholcích a silných větvích jilmů. Vektor grafiozy.

Příznaky napadení: na vnitřní straně kůry typický požerek s jednou krátkou (2–6 cm), podélnou matečnou chodbou a hustými, poměrně krátkými larválními chodbami.

Ochrana, obrana: včasné odstranění chřadnoucích jilmů, ořez poškozené části koruny.

***Scolytus ratzeburgi* (Jans.) – bělokaz březový**

Scolytidae – kůrovcovití

Popis škůdce: 4–7 mm. Poměrně velký, černý, lesklý bělokaz. Výskyt červen – červenec. Vyrývá se především ve starších, chřadnoucích břízách. Při přemnožení napadá i zdravé stromy.

Příznaky napadení: černé, 2–3 mm velké, kruhové větrací otvory na kmeni v řadě nad sebou. Matečné chodby jsou dlouhé asi 10 cm, larvové chodby paprscité z nich vybíhající až 25 cm daleko.

Ochrana, obrana: odstranění napadených stromů.

***Scolytus scolytus* (F.) – bělokaz jilmový**

Scolytidae – kůrovcovití

Popis škůdce: 3–6 mm. Lesklý, červenohnědý až černý kůrovec. Výskyt květen - srpen ve dvou generacích. Napadá tlustokoré jilmy. Vektor grafiozy.

Příznaky napadení: zralostní žír brouků v paždí větví a na řapících listů. Na vnitřní straně kůry typický požerek s jednou krátkou (2–6 cm), podélnou matečnou chodbou a hustými, 15 cm dlouhými larválními chodbami.

Ochrana, obrana: včasné odstranění chřadnoucích jilmů, ořez poškozené části koruny.



Sesia apiformis* (Cl.) – nesytky sršňováSesiidae* – nesytkovití

Popis škůdce: rozpětí 4 cm. Naše největší nesytky podobná sršni. Oba páry křídel jsou průhledné, bez šupinek. Tělo je žlutočerné. Výskyt květen – srpen. Tříletý vývoj probíhá v topolech.

Příznaky napadení: lysá, žlutavá housenka vyžírá chodby v kořenech a bázích stromů.

Ochrana, obrana: odstranění a spálení napadených částí stromů.

Tomicus minor* (Htg.) – lýkohub menšíScolytidae* – kůrovcovití

Popis škůdce: podobný sosnovému. Výskyt duben - květen (\pm dva týdny po lýkohubu sosnovém) a červenec – září ve dvou generacích. Vývoj pod tenkou kůrou borovic, zejm. v koruně.

Příznaky napadení: příčné, dvouramenné, do běli zaříznuté matečné chodby, dlouhé 5–10 cm. Podobají se letící vráně, nakreslené dítětem. Na podzim velké množství na zemi ulámaných výhonků. Prosvětlování koruny.

Ochrana, obrana: zlepšení vodní a minerální výživy stromu. Ořez napadené části koruny a spálení klestu. Odstranění a zpracování silně poškozených stromů.

***Tomicus piniperda* (L.) – lýkohub sosnový**syn. *Myelophilus*, *Blastophagus piniperda**Scolytidae* – kůrovcovití

Popis škůdce: 3–5 mm. Červenohnědý až černý kůrovec, s černým, lesklým štítem a v řádcích tečkovanými krovkami. Výskyt březen - duben a červenec - září ve dvou generacích. Vývoj v tluskokorých částech kmene, zejm. v oddenkové části borovic.

Příznaky napadení: vertikální, 7–15 cm dlouhé, matečné chodby s 2–3 větracími otvory s rozestupy nad sebou. Výrony pryskyřice s hnědě rezavými drtinkami. Na podzim velké množství na zemi ulámaných výhonků.

Ochrana, obrana: zlepšení vodní a minerální výživy stromu. Odstranění a zpracování silně poškozených stromů.

Tortrix viridana* (L.) – obaleč dubovýTortricidae* – obalečovití

Popis škůdce: rozpětí 2 cm. Zelený motýlek s šedými zadními křídly. Výskyt květen – červen. Vývoj na dubech, ale i bucích a vrbách.

Příznaky napadení: dohromady spředené rašící lístky, ožrané zelenými housenkami s černou hlavou. Stočené a spředené listy. Výskyt duben – květen. Pod korunou drobný, podlouhlý, černý trus.

Ochrana, obrana: intenzivní podpora ptactva. Feromonové pastě, příp. postřik.

***Yponomeuta cagnagellus* (Hüb.) – předivka brslenová**syn. *Y. cognatellus* (Hüb.)*Yponomeutidae* – předivkovití

Popis škůdce: rozpětí 20 mm. Drobný, bílý, úzkokřídý motýlek, s bílými třásněmi na křídlech. Na předních křídlech jsou tři řady černých teček. Zadní křídla jsou šedá. Výskyt červenec – srpen. Využívá se na brslenu.

Příznaky napadení: minované, později skeletované listy pod předivou. Na konci výhonů velká, pavučinová hnízda s žlutými, 2 cm velkými housenkami s řadou černých teček na bocích.

Ochrana, obrana: odstříhat a spálit hnízda s housenkami. Při silném napadení použít biologické přípravky dříve, než začnou housenky žít v předivě.



Yponomeuta evonymellus* (L.) – předivka zhoubnáYponomeutidae* – předivkovití

Popis škůdce: rozpětí 18–24 mm. Drobný, šedohnědý, úzkokřídlý motýlek s bílými předními křídly. Na předních křídlech pět řad černých teček. Zadní křídla jsou šedohnědá. Třásně na obou párech křídel. Výskyt červenec – srpen. Vývoj výlučně na stěmše.

Příznaky napadení: žlutavé housenky s černými tečkami, vyskytující se pospolitě, později v hustých zápledcích. Zápledky mohou být od vrcholu koruny až k patě kmenu. Od května - června ožírají listy mladých výhonků. Při masovém výskytu holožír.

Ochrana, obrana: odstříhat a spálit hnízda s housenkami. Při silném napadení použít biologické přípravky, dříve než začnou housenky žít v předu.

Zeuzera pyrina* (L.) – drvopleň hrušňovýCossidae* – drvopleňovití

Popis škůdce: rozpětí 3–7 cm. Bílý motýl s úzkými křídly a s modročernými skvrnami na těle a křídlech. Výskyt červen – srpen. Vývoj v tvrdých listnácích: javor, jasan, jilm, jírovec, platan, ořešák, ovocné stromy aj.

Příznaky napadení: 6 cm dlouhé, voskově žluté housenky, vyžírají chodby ve větvích korun starších stromů či v mladých kmíncích. Trus s hoblinami opět vyhazují otvorem ven.

Ochrana, obrana: odstranění a spálení napadených stromů.



18. Terminologický slovníček

Acervulus - měchýřkovitý váček pod kutikulou nebo epidermis, tvořený spleť hyf na povrchu s hustými a krátkými konidiofory (*Melanconiales*, *Deuteromycota*).

Anamorfní plodnice viz imperfektní plodnice

Anamorfní stadium - nepohlavní rozmnožování konidiemi, chlamydosporami, sterilními mycelii apod.

Anastamóza (spojka) - splynutí postranních větví téže kolonie nebo stejného druhu, která umožňuje volný přechod cytoplazmatického obsahu a jader

Angiokarpní plodnice - plodnice stopkovýtrusých hub s trvale uzavřeným hymeniem

Annulus - prsten, zbytek závoje na třeni houby v podobě blanitého límečku nebo kroužku

Apikulus - malý výrůstek na výtrusu, který, přirůstá ke sterigmatu

Apotecium - miskovitá plodnice vřekovýtrusých hub, charakteristická pro houby terčoplodé (např. *Sarcoscypha*, *Morchella*, *Gyromitra* aj.)

Arbusculus - jemně větvený svazek hyf endomykorrhizních hub v buňkách mykorrhizických kořenů

Armilka - vláknitý, prstenu podobný útvar na třeni, který je pozůstatkem pavučinky

Ascus (askus) - vřecko, vakovitý útvar ve kterém se endogenně tvoří askospory

Askogenní hyfa - dikaryotická hyfa, vyrůstající z oplodněného askogonu; na jejím konci se tvoří vřeka; *Ascomycetes*

Askohymeniální plodnice - plodnice hub vřekovýtrusých, které se zakládají až po oplodnění; *Ascomycetes*

Askolokulární plodnice - tvorba plodnic není závislá na tvorbě pohlavních orgánů

Askospora - výtrus vřekovýtrusých hub, vzniklý endogenně ve vřecku

Askostroma - plodnice vřekovýtrusých hub, kdy se vřeka tvoří přímo v dutinách stromatu.

Bazidie (basidie) - válcovitá nebo kyjovitá buňka, nesoucí na sterigmatech bazidiospory

Bazidiola (basidiola) - neplodná bazidie

Bazidiom (basidiom) - plodnice stopkovýtrusých hub

Bazidiospora (basidiospora) - spora stopkovýtrusých hub

Blastospora - výtrus vzniklý pučením, zpravidla u kvasinkotvarých *Endomycetales*

Cysta - pohlavně nebo nepohlavně vzniklá trvalá buňka se ztlustlou, často zkrěmenělou buněčnou stěnou

Cystidioly - sterilní úzké kyjovité buňky mezi bazidiemi v hymeniu

Cystidy - neplodné kyjovitě podlouhlé buňky v hymeniu stopkovýtrusých hub; přesahují délkou bazidie, které chrání

Detritus, detrit - vrstva tlejících zbytků odumřelých částí rostlin nebo živočichů, ležících na povrchu půdy nebo jako sediment na dně tůní

Dikaryotická hyfa - vlákno houby, které obsahuje dvě haploidní jádra

Dimorfismus - schopnost růstu ve dvou morfologicky odlišných formách

Dolipor - přepážka (septum) mezi buňkami u stopkovýtrusých hub, kromě snětí a rzí

Ektomykorrhiza, ektotrofní mykorrhiza - soužití hyf hub s kořeny vyšších rostlin, kdy hyfy houby nepronikají do buněk, kolem kterých vytváří pouze hyfový plášť - Hartigovu síť tvoří ji naprostá většina jehličnanů nejčastěji s houbami stopkovýtrusými; houba získává asimiláty, dřevina vodu a některé prvky, především fosfor

Endogenní - vznikající uvnitř buňky



Endomykorrhiza, endotrofní mykorrhiza - mykorrhiza, kdy hyfy houby pronikají dovnitř buněk hostitele, kde vytváří měchýřkovité vezikule a stromkovité arbuskule

Eukaryotická buňka - buňka, obsahující kromě cytoplazmatické membrány i další membránové struktury

Eutrofní - obsahující zvýšený podíl organických i minerálních látek

Fakultativní parazit - organismus, přecházející příležitostně k parazitismu

Fermentace - enzymatická přeměna organických látek, kdy příjemcem elektronu je organická látka

Fragmobazidie - článkovaná bazidie

Fruktifikace - tvorba plodnic

Funikulus - vláknitý útvar peridioly některých břichatek (*Gasteromycetales*), sloužící k uchycení spor na okolní vegetaci

Fylogeneze - proces vzniku, vývoje a vymírání taxonů

Galerta - želatinózní vrstva, obklopující glebu hadovkotvarých (*Phallales*)

Gametangium - pohlavní orgán, ve kterém se vytváří gamety

Gametofyt - pohlavní generace rostlin

Gamety - pohlavně rozlišené buňky

Gasterotecium - plodnice vřeckovýtrusých hub, kde je výtrusorodá vrstva uložena v systému komůrek uvnitř plodnice (*Ascomycetes*, *Tuberales*)

Gastrální plodnice - uzavřený typ plodnice břichatek, kdy se výtrusy tvoří ve vnitřních komůrkách nebo v hymeniu

Gleba - výtrusorodá vrstva u břichatkovitých hub

Grafióza - vaskulární mykóza, způsobená druhem *Ophiostoma ulmi* na jilmech

Gymnokarpní plodnice - plodnice jsou v mládí bez obalů, hymenium se tvoří ze spodní strany povrchu plodnice

Háček - obloukovitý výrůstek na askogenních hyfách askomycetů. Roste zpětně. Slouží k distribuci jader.

Haploidní - jedinec, či buňka obsahující jedno jádro s jednoduchou (poloviční) sádkou chromozómů

Haustorium - orgán parazita, pronikající do buňky hostitele

Hemiangiokarpní plodnice - hymenium plodnic je kryté pouze v mládí, později je obnažené

Heteroecismus - dvoubytnost, střídání hostitelů během životního cyklu, časté u rzí.

Heterokaryotický organismus - buňky organismu mají dvě nebo více geneticky rozdílných jader

Heterothalismus - tvorba pohlavně rozlišených stélek

Heterotrofní výživa - výživa, při které rostliny využívají přímo organické látky

Hniloba - 1. rozklad organické hmoty v anaerobních podmínkách (bakterie); 2. lesnický a dřevařský terminus technicus pro rozklad dřeva

Holobazidie - jednobuněčná nečlánkovaná kyjovitá bazidie

Homokaryotický organismus - jádra buněk jsou geneticky stejná

Homothalismus - tvorba pohlavně nerozlišených stélek

Hyfa - houbové vlákno

Hyfa askogenní viz askogenní hyfa

Hyménium - výtrusorodé rouško, pletiva hub stopkovýtrusých na nichž se tvoří výtrusy

Hyperplazie - abnormální zmnožení (buněk)



Hypertrofie - abnormální zvětšení (buněk)

Hypotecium (hypothecium) - vrstva pod teciem askomycetů a lišejníků

Hypoalva viz hypoteka

Chlamydospora - tlustostěnná spora, vznikající endogenně z buňky vegetativního mycelia.

Imperfektní plodnice (anamorfni plodnice) - vývojové stadium hub, kdy se rozmnožují pouze nepohlavními výtrusy (konidie, oidie, chlamydospory)

Kapilicium - sterilní vláknité útvary, které se nacházejí v hymeniu v glebě břichatek (*Gasteromycetales*)

Karpofofor - plodnice stopkovýtrusých hub

Karpospora - aplanospora, vzniklá ze zygoty ruduch

Karyogamie - splývání jader během pohlavního procesu

Kleistotecium - kulovitá plodnice vřeckovýtrusých hub; spory se uvolňují jejím rozpadem či zeslizovatěním; charakteristická pro padlí

Kompatibilita - vzájemná slučitelnost

Konidie, konidiospora - nepohlavní spora, vzniklá oddělováním ze speciální buňky

Konidiofor - hyfa na které se tvoří konidie

Konjugace, spájení - typ pohlavního rozmnožování, při kterém splývají protoplasty dvou buněk vegetativních vláken ve funkci izogamet (*Conjugatophyceae*, *Zygomycota*).

Koprofilní - žijící na exkrementech

Kopulace - splývání dvou pohlavních nebo nepohlavních buněk

Koremium - skupina spojených konidioforů hub

Kortina, cortina (pavučina) - pavučinovitá vlákna mezi okrajem klobouku a třeněm kryjící hymenium u některých hub

Lamely - lupeny u lupenatých stopkovýtrusých hub *Basidiomycetes*, *Agaricales*

Lignikolní - rostoucí na dřevních substrátech

Lupen - plochý, hymeniem pokrytý listovitý útvar na spodní straně klobouku *Agaricales*

Medula - vnitřní část apotécia

Meioza (meiosa) - redukční dělení

Metageneze - střídání generací

Metula - část konidioforu, na kterém se tvoří fialidy uvolňující konidie

Mitóza - jaderné dělení

Monofyletický původ - vzniklý z jediného vývojového centra

Monosporický - vzniklý z jedné, zpravidla haploidní jednojaderné spory

Mycelium - vlastní tělo (stélka) hub, tvořené souborem hyf ponořených v substrátu (substrátové mycelium) nebo rostoucí na vzduchu (vzdušné mycelium)

Mykobiont - houbová složka lišejníku

Mykologie - nauka o houbách

Mykorrhiza - soužití houbových hyf s kořeny vyšších rostlin; rozlišováno několik typů mykorrhiz: endomykorrhiza, ektomykorrhiza, vezikulo-arbuskulární mykorrhiza, orchideoidní mykorrhiza aj.

Obligátní parazit - organismus, žijící výhradně na živém organismu

Oidie - nepohlavní spora, vzniklá rozpadem vegetativního vlákna

Oligotrofní - obsahující malé množství živin



Operkulum - víčko na sporangiiích nebo věckách

Orchideoidní mykorrhiza - typ mykorrhizy u vstavačovitých, kdy je obsah hyf uvnitř buňky hostitele posléze stráven;

Ostiolum - ústí peritecia

Parafýzy - sterilní vlákna ve výtrusorodé vrstvě

Patogeni vaskulárních pletiv - skupina organismů (ricketsie, bakterie, kvasinky, vláknité houby), které žijí v kambiu a jeho funkčních derivátech; způsobují poruchy ve vodním režimu rostliny

Pavučinka - pavučinovitá vlákna mezi okrajem klobouku a třeněm kryjící hymenium u některých hub

Perfektní plodnice (telemorfní plodnice) - plodnice, ve kterých dochází k tvorbě pohlavních spor

Peridie (zákrovka) - vnější obal plodnic břichatek, obklopující glebu

Peridiola - kulovitý, čočkovitý, nebo zploštělý blanitý útvar, obalující hymenium

Peritecium (perithecium) - hruškovitá plodnice věckovýtrusých hub; charakteristická pro tvrdohouby

Plachetka (*velum universale*) - blanitý útvar, obalující v mládí celou plodnici některých stopkovýtrusých hub; po jejím roztržení zůstává na bázi třeně pochva a na povrchu klobouku útržky

Plasmogamie - splývání cytoplazmy dvou buněk

Plektenchym - nepravé houbové pletivo, tvořící dužninu plodnic; tvoří prosenchym a pseudoparenchym

Pochva (volva) - vakovitý útvar na bázi třeně, který je zbytkem plachetky

Polyfyletický původ - vzniklý z více vývojových center

Póry - okrouhlé nebo hranaté ústí rourek stopkovýtrusých hub

Primární mycelium - jednojaderné haploidní mycelium, vyrostlé přímo ze spory

Primordium - zárodek plodnice

Prokaryotická buňka - buňka, jejíž jaderná hmota je volně uložena v cytoplazmě; neobsahuje žádné membránové struktury (mitochondrie, plastidy, ER aj.)

Promysel - krátká hyfa, vyrůstající z teleutospory rzí; po meioze se na něm tvoří bazidiospory

Prosenchym - houbové pletivo, tvořené souběžně umístěnými hyfami

Protecium (prothecium) - askohymeniální typ plodnice, tvořený volnou spleťí hyf

Protoplazmodium - mikroskopické plazmodium bez vnitřní sítě

Protoplast - živý obsah buněk

Prsten - blanitý útvar na třeni, který je pozůstatkem plachetky

Přeska - obloukovitý výrůstek na sekundárních hyfách hub stopkovýtrusých; roste směrem k vrcholu a slouží k distribuci (přesmykání) jader

Pseudomycelium - řetízkovitě uspořádané buňky, vzniklé postupným pučením buněk

Pseudoparafýzy - sterilní vlákna podobná parafýzám, spojující dolní a horní část askokarpu

Pseudoparenchym - houbové pletivo, tvořené kulovitými až oválnými buňkami

Pseudosklerocium - nepravé sklerocium, tvořené hyfou houby a pletivem hostitele

Pyknida - lahvicovitá plodnice věckovýtrusých hub

Receptakulum - 1. nosič ve tvaru třeně u hadovky, který nese na vrcholu teřích, 2. výraz pro apotecium věckovýtrusých hub

Redukční dělení (meioza) - první dělení jádra zygoty, vedoucí k obnovení jednoduché sádky chromozómů.



Resupinální plodnice - typ rozlité plodnice na povrchu substrátu, která je tvořena buď hladkým hymeniem, ostny nebo vrstvou rourek

Rhiziny - svazky houbových vláken na spodní stránce stélky lišejníků, upevňující lišejník k podkladu

Rhizomorfa - provazcovitý, často rozvětvený útvar podhoubí, tvořený svazkem tlustostěnných, na povrchu melanizovaných hyf, na konci aktivní růstová zóna.

Saprofyt - organismus, žijící na mrtvém organickém substrátu

Sekundární mycelium - dvoujaderné mycelium stopkovýtusých hub, vzniklé somatogamií primárních mycelií

Septum, septa - přehrádky hyf hub; může mít podobu příčné nebo podélné perforované stěny v hyfách nebo výtrusech hub, u bazidiomycetů má podobu doliporu (viz dolipor)

Seta - tlustostěnná, tuhá, tmavě zbarvená, zašpičatělá a dlouze vyčnívající cystida nebo podobný útvar u některých hub

Sférocysta - velká kulovitá buňka v dužnině hub z čeledi *Russulaceae*

Sklerocium - kulovitý, na povrch tvrdý útvar tvořený hustou spleť hyf, je tvořen některými parazity jako zásobní orgán

Somatogamie - splývání buněk dvou fyziologicky diferencovaných primárních mycelií stopkovýtusých hub za vzniku dikaryotického sekundárního mycelia

Spájení viz konjugace

Spermacie - samčí mikrokonidie (nepohyblivá samčí buňka); tvoří se například u rzí

Spermatizace - pohlavní proces, při němž k oplodnění dochází nepohyblivou samčí gametou

Spermogonium - orgán, ve kterém se tvoří spermacie (mikrokonidie)

Spora, výtrus - rozmnožovací jednobuněčná nebo vícebuněčná částice; na rozdíl od semen rostlin neobsahuje embryo ani zásobní látky

Sporangifor - hyfa, nesoucí sporangium

Sporangiospora - ve sporangiu vzniklá spora

Sporangium (výtrusnice) - útvar (buňka), ve kterém se tvoří sporangiospory

Sporídie - drobné spory, vzniklé pučením podobným procesem u snětí

Sporodochium - tvrdý bradavkovitý svazek konidioforů

Sporofyt - nepohlavní (diploidní) generace

Sporokarp - mnohobuněčný útvar, ve kterém se vytváří spory

Stélka (thallus) - tělo sinic, řas, hub a lišejníků, neobsahující cévní svazky; často však funkčně i morfologicky diferencovaná

Sterigma - stopečka na bazidii, nesoucí výtrusy

Stigma - světločivná skvrna, součást plastidu nebo samostatná organela

Stipes - třeň, část plodnice makromycetů

Stroma, plodnicové lůžko - spleť hyf, v které se přímo tvoří vřecka na konidie

Teleomorfní plodnice viz perfektní plodnice

Teleutospora viz teliospora

Teliospora, teleutospora - zimní výtrus rzí; dvoujaderná a dvoubuněčná tlustostěnná spora

Teleomorfní stadium - stadium tvorby pohlavních orgánů (vřecek, bazídií) spor (askospor, bazidiospor)

Teřich viz. gleba

Thallus viz. stélka



Tecium (thecium) - výtrusorodá vrstva vřeckovýtrusých hub

Tlení - rozklad organické hmoty za přístupu vzduchu (dřevní houby...); na rozkladu dřevní hmoty se podílí houby hnědého a houby bílého tlení; houby bílého tlení jsou definovány převahou fulvokyselin nad huminovými látkami v rozkladném produktu, u hub hnědého tlení převažují huminové látky

Trama - pletivo plodnic stopkovýtrusých hub, nesoucí hymenium

Trichogyn - hyfa nebo buňka, již prochází jádra z antheridia do karpogonu u ruduch, případně do askogonu u vřeckovýtrusých hub

Unitunikátní vřecko viz vřecko s unitunikátní stěnou

Uredium - ložisko uredospor

Uredospora - letní výtrus, dvoujaderná tlustostěnná spora rzí

Vaskulární mykóza - systémové onemocnění rostlin, kdy uvnitř vodivých cest (trachejí, tracheid apod.) dojde k namnožení některých hub (*Ophiostoma*, *Ceratocystis* aj.), které poškodí jejich funkčnost a zvyšují tak predispozici hostitele k rozvoji dalších chorob

Velum partiale viz závoj

Velum universale viz plachetka

Vezikule (pseudovakuoly, plynné vakuoly) - vzduchem naplněné měchýřkovité útvary struktury včelích plástů; u sinic a některých bakterií

Vláknité houby - houby, tvořící vláknité mycelium

Volva viz pochva

Vřecko bitunikátní - vřecko s dvojitou stavbou buněčné stěny

Vřecko inoperkulátní - vřecko bez víčka na vrcholu; uzavírají se nepravidelnou štěrbinou

Vřecko operkulátní - vřecko, otvírající se po dozrání víčkem

Vřecko prototunikátní - vřecko s jednoduchou stěnou; askospory se uvolňují rozpadem nebo zeslizováním stěny vřeka

Vřecko unitunikátní - vřecko s jednoduchou stěnou

Výtrus (spora) - rozmnožovací útvar výtrusných rostlin; tvoří se pohlavní i nepohlavní cestou, může být haploidní, dikaryotický i diploidní, tenkostěnný i tlustostěnný; oproti semenům neobsahuje embryo

Závoj (*velum partiale*) - blanitý útvar stopkovýtrusých hub, kryjící v mládí výtrusorodé rouško; po jeho roztržení zůstává na třeni prsten a na okraji klobouku útržky

Zoospora - pohyblivý bičíkatý výtrus

Zoosporangium - výtrusnice, ve které se tvoří zoospory

Zygospora - tlustostěnný klidový výtrus, vzniklý splynutím gamet nebo gametangií

Zygota - diploidní buňka, vzniklá splynutím dvou haploidních gamet



19. Literatura

- ČSN 49 0101: 1980. Drevo. Všeobecné požiadavky na fyzikálne a mechanické skúšky. Praha: Vydavateľství ÚNM, 1980. 11 s.
- ČSN 49 0103: 1979. Drevo. Zisťovanie vlhkosti pri fyzikálnych a mechanických skúškach. Praha: Vydavateľství ÚNM, 1979. 11 s.
- ČSN 49 0111: 1992. Skúšky vlastností rastlého dreva. Metóda zisťovania modulu pružnosti v tlaku pozdĺž vlákien. Praha: Vydavateľství norem, 1992. 8 s.
- ČSN 49 0112: 1979. Drevo. Tlak naprieč vlákien. Praha: Vydavateľství ÚNM, 1980. 6 s.
- DIN 52 185. Prüfung von Holz; Bestimmung der Druckfestigkeit parallel zur Faser
- Alhasani M. A.: Growth Stresses in Norway Spruce. Licentiate thesis. Lund Institute of Technology Lund, 1999.
- Badel E., Perré P.: Influence of the Anatomical Patterns on Wood Properties: a Deterministic Approach Based on the Homogenisation. In: Spatz H. – Ch., Speck T. (eds), Plant Biomechanics 2000, Georg Thieme Verlag Stuttgart 2000, pp 391 – 396
- Becker M.: Bilan de santé actuel et rétrospectif du sapin (*Abies alba* Mill.) dans les Vosges. Etude écologique et dendrochronologique. Ann. Sci. For. 44 (4). 1987, pp 397 - 402.
- Becker M.: The role of climate on present and past vitality of silver fir forests in the Vosges mountains of northeastern. France. Can. J. For. Res. Vol. 19, 1989, pp 1110 - 1117.
- Bendtsen, B.A., Freese, F., Ethington, R.L.: Methods for sampling clear, straight-grained wood from the forest. Forest Products Journal. 20(11), 1970, pp 38–47.
- Berthelot J. M.: Composite Materials: Mechanical Behavior and Structural Analysis. Springer Verlag New York, 1999, 639 p
- Binkley D. et al.: Acidic deposition and forest soils: context and case studies of the southeast United States, Springer-Verlag, New York, 1989 in Hruška, J., Cienciala, E., 2001: Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví, MŽP ČR, Praha.
- Bodig J., Jayne B. A.: Mechanics of Wood and Wood Composites. Reprint. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 1993
- Bodig J., Goodman, J.R.: Prediction of elastic parameters for wood. Wood Science. 5(4), 1973, pp 249–264.
- Brasier C., Rose J., Gibbs J.: An unusual *Phytophthora* associated with alder mortality in Britain. Plant Pathology 44, 1995, pp 999-1007.
- Brdička M., Samek L., Sopko B.: Mechanika kontinua, 2. vydání. Academia, Praha, 2000
- Bretz T.W. and W.G. Long: Oak wilt fungus isolated from Chinese chestnuts. Plant Disease Reporter 34, 1950.
- Brüchert F., Gardiner B.: Wind Exposure Effects on the Mechanical Properties of Sitka Spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.). In: Spatz H. – Ch., Speck T. (eds), Plant Biomechanics 2000, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 2000, pp 403 – 412
- Burgert I., Bernasconi A., Eckstein D.: Evidence for the strength function of rays in living trees. Holz als Roh- und Werkstoff 57, 1999, pp 397 – 399.
- Burgert I., Eckstein D.: The tensile strength of isolated wood rays of beech (*Fagus sylvatica* L.) and its significance for biomechanics of living trees. Trees (2001) 15: 168 – 170.
- Butin H., Richter J.: *Dothistroma* – Nadelbraune, eine neue Kiefernkrankheit in der Bundesrepublik Deutschland. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes, 35 (9). 1983, pp 129 – 131.
- Buttler J., Currie F., Kirby K.: There's life in that dead wood, Quarterly Journal of Forestry, Vol. 96, No. 2 April 2002, pp 131-137
- Cannon W. B.: The wisdom of the body, Kegan Paul, London, 1932 in Michal, I. a kol.: Ekologická stabilita, Veronica, Brno, 1992
- Cech T., Hendry S.: a review of diebacks and declines of alder (*Alnus* spp.) in Europe. Forestry Commission Bulletin 126, 2003, pp 15-25.



- Cicák A., Mihál, I.: Nekrotické ochorenie buka tracheomykózneho typu na Slovensku. Lesnícká práca 79, 2000
- Coutand C., Julien J. L., Moulia B., Maugé J. C., Guitard D.: Biomechanical study of the effect of a controlled bending on tomato stem elongation: global mechanical analysis. J. Exp. Bot. 51, 2000, pp 1813 – 1824.
- Crook M. J., Ennos A. R., Banks J. R.: The function of buttress roots: a comparative study of the anchorage system of buttressed (*Aglaia* and *Nephelium ramboutan* species) and non-buttressed (*Mallotus wrayi*) tropical trees. Journal of Experimental Botany, Vol. 48, No. 314 (1997), pp. 1703 – 1716.
- Cudlín P., Novotný R., Moravec I., Chmelíková E.: Retrospective evaluation of the response of montane forest ecosystems to multiple stress. Ekológia, Bratislava, 20 (2001), pp 108-124.
- Čaboun V.: Alelopatia v lesných ekosystémoch, Veda, vyd. SAV Bratislava 1990.
- Čapek M.: Hromadné hynutie dubov na Slovensku. Príroda Bratislava. 1985
- Černý A.: Parazitické houby. 1.vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1989
- Daudeville L.: Fracture in spruce: experiment and numerical analysis by linear and nonlinear fracture mechanics. Holz als Roh- und Werkstoff 57, Springer – Verlag, 1999, pp 425 - 432
- Davenport A. G.: The Application of Statistical Concepts to the Wind Loading of Structures, Proceedings of the Institution of Civil Engineers (UK), Volume 19, Paper Number 6480, pp 449-472, 1961
- Davies C. S.: Environmental Management of Oak Wilt Disease in Central Texas. Environmental Management 16, 1992, pp 323 - 333.
- Davies C., Fay N., Mynors Ch.: Veteran Trees: a guide to risk and responsibility. English Nature, Peterborough, 2000.
- Dean T. J., Roberts S. D., Gilmore D. W., Maguire D. A., Long J. N., O'Hara K. L.: An evaluation of the uniform stress hypothesis based on the stem geometry in selected North American conifers. Trees (2002) 16, pp 559 – 568.
- Dienstbier F.: Správa zeleně. In: Zahrada-Park-Krajina, č. 4/1993, pp 98–100
- Downes G. M., Fritts H. C., Shashkin A.: a simulation model of conifer ring growth and cell structure. CABI, New York, 1999
- Eklund L., Säll H.: The influence of wind on spiral grain formation in conifer trees. Trees 14 (2000), pp 324 – 328
- Ezquerro F. J., Gil L. A.: Wood anatomy and stress distribution in the stem of *Pinus pinaster* Ait. Incest. Agr.: Sist. Recur. For. Vol. 10 (1), 2001
- Fasano J. M., Massa G. D., Gildou S.: Ionic Signaling in Plants Response to Gravity and Touch. Journal of Plant Growth Regulation (2002) 21, pp 71 – 88.
- Fay N., N. de Berker: Specialist Survey Method, English Nature, London, 1997
- Finnigan J. J., Brunet Y.: Turbulent airflow in forests on flat and hilly terrain. In: Coutts M.P., Grace J. (eds), Wind and trees, Cambridge University Press, 1995, pp 3 – 41
- Foley C.: a three-dimensional paradigm of fiber orientation in timber. Wood Science and Technology 35 (2001), pp 453 – 465
- Forest Products Laboratory: Wood handbook—Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999, 463 p.
- Fourcaud T., Lac P., Ancelin P., Alteyrac J., Blaise F.: Simulation of Tree Growth, Including Biomechanics, in AMAPpara Software: Advances and Perspectives. In: Spatz H. – Ch., Speck T. (eds), Plant Biomechanics 2000, Georg Thieme Verlag Stuttgart, pp 613 – 614
- French D. W., Stienstra W. C.: Oak Wilt. Extension Folder 310 - Revised 1980. Agricultural Extension Service, University of Minnesota, 1980
- Gaffrey D.: Simulated Stress Distribution in Stem of a 64-year old Douglas Fir Applying a 3D-Tree and Load Model. In: Spatz H. – Ch., Speck T. (eds), Plant Biomechanics 2000, Georg Thieme Verlag Stuttgart, pp 425 – 431.
- Gardiner B.A. Mechanical characteristics of Sitka spruce. Forestry Commission Occasional Paper 24. Edinburgh, 1989



- Gardiner B. A.: The interactions of wind and tree movement in forest canopies. In: Coutts M.P., Grace J. (eds), Wind and trees, Cambridge University Press, 1995, pp 41 – 60.
- Gardiner B. A., Quine Ch. P.: Management of forests to reduce the risk of abiotic damage – a review with particular reference to the effects of strong winds. Forest Ecology and Management 135, 2000, pp 261 – 277.
- Gardiner B., Peltola H., Kellomäki S.: Comparison of two models for predicting the critical wind speeds required to damage coniferous trees. Ecological Modelling 129, 2000, pp 1 – 23.
- Gäumann E. A.: Pflanzliche Infektionslehre, Birkhäuser Verlag, Basel, 1946
- Gerhards C. C.: Effect of moisture content and temperature on the mechanical properties of wood: an analysis of immediate effects. Wood and Fiber. 14(1), 1982, pp 4–36.
- Gibbs J. N., French D. W.: The transmission of oak wilt. USDA Forest Service Research Paper NC-185. 1980
- Gibson I. A. S.: Dothistroma blight of *Pinus radiata*. Annual Review of Phytopathology 10, 1972, pp 51-72
- Grill J., Laghdir A., Jullien D.: Modelling growth stress related problems in tree logs: Relationship between heart crack in disks and logs. In: Jeronimidis G., Vincent J. F. V. (eds) Plant Biomechanics, Centre for Biomimetics, The University of Reading, 1997, pp 193 – 199
- Guillaumin J. J., Mohammed C. et al.: Geographical distribution and ecology of the *Armillaria* species in western Europe. Eur.J.For.Path. 23, 1994, pp 321-448.
- Guitard D. G. E., Castera P.: Experimental analysis and mechanical modelling of wind induced tree sways. In: Coutts M.P., Grace J. (eds), Wind and trees, Cambridge University Press, 1995, pp 182 – 195
- Harris J. M.: Spiral Grain and Wave Phenomena in Wood Formation. Berlin, Springer Verlag, 1989
- Hearmon R. F. S.: Úvod do teorie pružnosti anizotropních látek. Praha, Státní nakladatelství technické literatury, 1965
- Heiniger U., Stadler B.: Kastanienrindenkrebs auf der Alpennordseite. Schweiz. Z. Forstwes. 141, 1991, pp 383 - 388
- Hepworth D. G., Vincent J. F. V.: The Growth Response of the Stems of Genetically Modified Tobacco Plants (*Nicotiana tabacum* 'Samsun') to Flexural Stimulation. Annals of Botany 83, 1999, pp 39 - 43
- Holling C. S.: Resilience and stability of ecosystems in Jantsch, e. et Waddington, c.h. (eds.), 1977: Evolution and Consciousness, Addison – Wesley Publishing Comp., Massachusetts in Míchal, I. a kol.: Ekologická stabilita, Veronica, Brno, 1992
- Hruška J., Cienciala E.: Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví, MŽP ČR, Praha, 2001
- Chen J. M., Black T. A., Novak M. D., Adams R. S.: a wind tunnel study of turbulent airflow in forest clearcuts. In: Coutts M. P., Grace J. (eds), Wind and trees, Cambridge University Press, 1995, pp 71 – 88
- Jaffe M. J.: Thigmomorphogenesis: The response of plant growth and development to mechanical stimulation. Planta 114, 1973, pp 143–157.
- Jankovský L., Šindelková M., Palovčíková D.: Karanténní sypavky *Mycosphaerella pini* E. Rostrup a *M. dearnessii* M.E. Barr v České republice. Les. Pr. 79(8). 2000, pp 370-372.
- Jankovský L., Haltofová P., Palovčíková D.: Rakovina kůry kaštanovníku *Cryphonectria parasitica* (Murrill) Barr. V České republice. Lesnická práce 12, 2002
- Juhássová G.: Hubové choroby gaštanu jedlého (*Castanea sativa* MILL.). VEDA, vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied. Bratislava, 1999
- Jura S.: Určování stárí stromů, Silva bohémica 1/2001 pp 19-20
- Kavka B.: Zhodnocení hlavních druhů jehličin z hlediska jejich využití v zahradní a krajinářské architektuře, Výzkumný ústav okrasného zahradnictví, Průhonice, 1968
- Kavka B.: Zhodnocení hlavních druhů křovin z hlediska jejich využití v zahradní a krajinářské architektuře, Výzkumný ústav okrasného zahradnictví, Průhonice 1974
- Kavka B.: Zhodnocení hlavních druhů listnáčů z hlediska jejich využití v zahradní a krajinářské architektuře, Výzkumný ústav okrasného zahradnictví, Průhonice 1969



- Kavka B. et al.: Krajinářské sadovnictví. SZN. Praha 1970, 580 str.
- Kerzenmacher T., Gardiner B.: a mathematical model to describe the dynamic response of a spruce tree to the wind. *Trees* 12, 1998, pp 385 - 394
- Keylwerth R.: Die anisotropische Elastizität des Holzes und der Lagenhölzer. VDI-Forschungsheft 430, VDI-Verlag Düsseldorf, 1951
- King D., Loucks, O.L. The theory of tree bole and branch form. *Radiation and Environmental Biophysics*, Vol. 15/2, 1978, pp 141 - 165
- Kirby K. J., Reid C.M., Thomas R.C., Goldsmith F.B.: Preliminary estimates of fallen dead wood and standing dead trees in managed and unmanaged forests in Britain, *Journal of Applied Ecology*, 35 (1998), pp 148-155
- Klán J.: Co víme o houbách. SPN Praha, 1989
- Knapp V. a kol.: Občanské právo hmotné. Svazek první. 2. vyd. Praha, Codex 1997.
- Knetch J. L.; Davis, R. K.: Porovnání metod používaných k hodnocení. In: *Ekonomie životního prostředí a ekologická politika – vybrané klasické stati*. Praha, Nakladatelství a vydavatelství Litomyšlského semináře Petr Šauer, 1996.
- Koblížek J.: Jehličnaté a listnaté dřeviny našich zahrad a parků. Sursum, Tišnov, 2000
- Kolář V., Němec, I., Kanický, V.: FEM – principy a praxe metody konečných prvků. Brno, Computer Press, 1997
- Kolařík J.: Posuzování alejových stromů, skriptum, List Rosice, 1998
- Kolektiv autorů: Ilustrovaný encyklopedický slovník. díl 1. Praha: Academia, 1980.
- Kollman F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Springer-Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1951
- Kollmann F. F. P., Cote W. A., Jr.: Principles of wood science and technology. New York: Springer Verlag, 1968
- Koltay A.: New pathogens in Hungarian black pine stands. *Novenyvedelem* 33 (7), 1997, pp 339 – 341.
- Koňas P., Praus L.: Distribution of E modulus within the stem. In: MendelNet 2001, sborník referátů 3 konference doktorandů MZLU Brno. MZLU Brno, 2001
- Koňas P., Praus L., Horáček P.: Klasifikace příčin porušení sledovaného stromu (znalecký posudek). In: MendelNet 2002, sborník referátů 4 konference doktorandů MZLU Brno. MZLU Brno, 2002, pp 137 - 142
- Kopecká V., Buček A.: Využití GIS a DPZ při výzkumu přírody a krajiny chráněných území, ohrožených ekosystémů a neživé přírody za účelem zlepšení péče o toto území. Závěrečná zpráva grantu, AOPAK ČR Praha, 1999
- Korhonen K., Hintika V.: Cytological Evidence for Somatic Diploidization in Dikaryotic Cells of *Armillariella mellea*. *Arch. Microbiol.* 95, 1974, pp 187-192.
- Korhonen K.: Interfertility and clonal size in the *Armillariella mellea* complex. *Karstenia* 18, 1978, pp 31-42.
- Korhonen K.: The origin of clamped and clampless basidia in *Armillariella ostoyae*. *Karstenia* 20, 1980, pp 23-27.
- Kowalski T., Jankowiak R.: First record of *Dothistroma septospora* (Dorog.) Morelet in Poland: a Contribution to the symptomatology and epidemiology. *Phyt.Pol.* 16, 1998 pp 15 – 29.
- Kružáková E.: Ekologická politika a právo životního prostředí v Evropské unii. Nakladatelství a vydavatelství litomyšlského semináře Petr Šauer, Praha 1997.
- Kübler H.: Growth stresses in trees and related wood properties. *Forest.Products Abstracts*, 10, 1987 p 61119
- Kučera B., Skatter S.: Tree breakage from torsional wind loading due to crown asymmetry. *Forest Ecology and Management* 135, 2000, pp 97 – 103.
- Kůdela V.: Obecná fytopatologie. Praha; Academia, 1989.
- Kunca A., Foffová E.: Ohrozenie porastov borovice čiernej fyto karanténym patogénom *Dothistroma septospora* (Dorog) Morelet. - In: Varínsky, J. (ed), Aktuálne problémy v ochrane lesa 2000, Zborník, Lesnícky výskumný ústav, Zvolen, 2000 pp. 136 - 139.



- Larson P. R., Kretschmann D. E., Clark A., Isebrands J. G.: Formation and Properties of Juvenile Wood in Southern Pines – a synopsis. USDA Forest Product Laboratory. Madison WI., 2001
- Larson P. R.: Stem form development of forest trees. For Sci Monogr 5, 1963
- Lavers G. M.: The strength properties of timber. Building Research Establishment, 1993
- Lee X.: Air motion within and above forest vegetation in non-ideal conditions. Forest Ecology & Management 135 (2000), pp 3 - 18
- León J., Rojo E., Sánchez-Serrano J. J.: Wound signalling in plants. Journal of Experimental Botany Vol. 52, No. 354, 2001, pp 1 – 9.
- Lesino C., P. Cbs: The Fractometer, AFZ 8, 1994.
- Levitt J.: Hardness of Plants, Academic Press, New York, 1956
- Levitt J.: Response of Plants to Environmental Stresses, Academic Press, New York, 1972
- Lichtenthaler H. K.: Vegetation stress. Based on the International Symposium on Vegetation Stress. Munich-Neuherberg, June, 1995, pp 19-21.
- Lorio P.L., Hodges J.D.: Theories of interactions among bark beetles, associated microorganisms and host trees. Proceedings reprint of US Forest Service, New Orleans, Louisiana, 1985
- Lung-Escarmant B., Taris B.: Nouvelles methodes de determination des *Armillaires* europeens: immunologie et electrophorese en gel de polyacrylamide. European Journal of Forest pathology 15, 1989, pp 278 - 288.
- Macek J.: *Scirrhia pini*, the pathogen of a new disease of Pine in Slovenia. Gozd. Vestnik. 33 (1). 1975, pp 9 - 11.
- Mallory M. P., Cramer S.: Fracture mechanics: a tool for predicting wood component strength. Forest Products Journal. 37(7/8), 1987, pp 39–47.
- Manion P. D.: Tree disease concepts. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1981
- Männel U.: Analýza stanovištní bezpečnosti stromů, Das Gartenamt 6/1992, str. 429-433
- Matheny N. P., Clark J. R.: a Photographic Guide to the Evaluation of Hazard Trees in Urban Areas. Second edition. International Society of Arboriculture, Savoy (Illinois, USA), 1994
- Mattheck C.: Trees – the mechanical design. Springer-Verlag, New York, 1991
- Mattheck C., Kubler H.: Wood – the internal optimization of trees. Springer-Verlag, Berlin, 1995
- Mattheck C., Bethge K.: The structural Optimization of Trees. Naturwissenschaften 85, 1998, pp 1-10
- Mattheck C., Bethge K.: New methods for the assessment of wood quality in standing trees. In: Coutts M.P., Grace J. (eds), Wind and trees, Cambridge University Press, pp 227 - 237
- Mattheck C., Teschner M., Schäfer J.: Mechanical control of root growth: a computer simulation. J. theor. Biol. 184, 1997, pp 261 – 269.
- McMahon T. A., Kronauer R. E.: Tree Structures: Deducing the Principle of Mechanical Design. J. Theor. Biol. (1976) 59, 443 – 466.
- McMahon T. A.: Size and shape in biology. Science, N. Y. 179, 1973, pp 1201 1204.
- Metzger K.: Der Wind als massgebender Faktor für das Wachstum der Bäume. Mändener Forstliche Hefte 3, 1893, pp 35–86.
- Míchal I.: Ekologická stabilita. Veronica, Brno, 1994
- Mosbrugger V.: The Tree Habit in Land Plants. Springer Verlag, Berlin, 1990
- Mouliat B., Fournier-Djimbi M.: Optimal mechanical design of plant stems: the methods behind the allometric power laws. In: Jeronimidis, G., Vincent J. F. V. (eds.), Plant Biomechanics 1997, University of Reading, pp 43 – 55.
- Mrkva R.: Ochrana lesa: Ekologické pojetí a rozvoj, Lesnictví - Forestry, 39 (8-9), 1993, pp 357-364.
- Mrkva R., Jankovský L.: Patogeni vaskulárních pletiv a jejich význam v procesu chřadnutí jehličnatých dřevin. Les. práce, 75 (6), 1996, pp 207-209.
- Mrkva R.: Chřadnutí dřevin jako významný a očekávaný problém ochrany lesa, Lesnická práce, 79 (6), 2000, pp 24-26.
- Nečas O.: Obecná biologie, Academia, Praha. 1972
- Neger F. W.: Die Krankheiten Unserer Waldbaume Und Der Wichtigsten Gartengeholze, Verlag Von Ferdinand Enke, Stuttgart. 1924



- Nicoll B. C.: The Mechanical Consequences of Adaptive Growth in Roots, 2000 In: Spatz H. – Ch., Speck T. (eds), Plant Biomechanics, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 2000 pp 212 – 216.
- Nicoll B. C., Ray D.: Adaptive growth of tree root systems in response to wind action and site conditions. Tree Physiol 16, 1996, pp 899–904
- Nicolotti G., P. Miglietta: Using high-technology instruments to assess defects in trees, Journal of Arboriculture 6/1998
- Niemz von, P.: Eignung verschiedener Diagnosemethoden zur Erkennung der Baumfäule, sborník Fachtagung Baumkontrolle, Münchner Gehölzinstitut, Mnichov 1998
- Niklas J. K.: Plant Biomechanics – An Engineering Approach to Plant Form and Function. The University of Chicago Press, Chicago. 1992
- Niklas J. K.: Variations of the mechanical properties of *Acer saccharum* roots. Journal of Experimental Botany, Vol. 50, No. 331, 1999, pp. 193 – 200.
- Niklas J. K.: Changes in the factor of safety within the superstructure of a dicot tree. American Journal of Botany 86(5), 1999, pp. 688 – 696.
- Niklas J. K., Spatz H. Ch.: Wind-induced stresses in cherry trees: evidence against the hypothesis of constant stress levels. Trees 14, 2000, pp 230 – 237.
- Odum E. P.: Fundamentals of Ecology. WB Saunders Company, Philadelphia, 1971
- Odum E. P.: Základy ekologie, Academia, Praha, 1977
- Ondřejová V.: Dienstbier, F.: Legislativní zabezpečení ochrany, údržby a péče o vegetaci. Dílčí výzkumný úkol. In: Rozvoj ekologických funkcí vegetace v sídlech a krajině. Průhonice, 1994.
- Osler G. H. R., West P. W., Downes G. M.: Effects of bending stress on taper and growth of stems of young *Eucalyptus regnans* trees. Trees (1996) 10, 1996, pp 239– 246
- Panconesi A: *Ceratocystis fimbriata* of plane trees in Italy: biological aspects and control possibility. European Journal of Forest Pathology, 11, 1981, pp 385-395.
- Pedersen P.: On optimal shapes in materials and structures. Struct Multidisc Optim 19, 2000, pp 169-182.
- Pejchal M.: Hodnocení vitality stromů v městských ulicích. In: Stromy v ulicích. Sborník přednášek, 3. vydání. Praha. Společnost pro zahradní a krajinářskou tvorbu, 1995, pp 44 – 55.
- Peltola H., Kellomäki S., Hassinen A., Granander M.: Mechanical stability of Scots pine, Norway spruce and birch: an analysis of tree-pulling experiments in Finland. Forest Ecology and Management 135, 2000, pp 143 – 153.
- Petlola H., Nykänen M. L., Kellomäki S.: Model computations on the critical combination of snow loading and wind speed for snow damage of scots pine, Norway spruce and Birch sp. at stand edge. Forest ecology and management 95, 1997, pp 229 – 241.
- Petrak F.: Die Lecanostica krankheit der Föhren in Österreich. Sydowia 15. 1961, pp 252 – 256.
- Pfeffer A. a kol: Ochrana lesů, SZN, Praha, 1961
- Pokorny J.: Urban Tree Risk Management: a Community Guide to Program Design and Implementation. USDA Forest Service, St. Paul, 2003
- Požgaj A., Chovanec D., Kurjatko S., Babiak M., 1997. Štruktúra a vlastnosti dreva. II vydání, Bratislava, Príroda. ISBN 80-07-00960-4.
- Praus L., 2000. The mechanical design of *Juglans nigra* L. tree. In: Spatz, H. Ch., Speck, T. (eds.) Plant Biomechanics. Thieme Verlag, Stuttgart, 2000
- Praus L., L. Hrib, P. Horáček, 2002 nepublikovaná data.
- Pridnya M. V., Cherpakov V. V., Paillet F. L.: Ecology and pathology of European chestnut (*Castanea sativa*) in the deciduous forests of the Caucasus Mountains in southern Russia. Bulletin of the Torrey Botanical Club. 123 (3). 1996, pp 213 - 222.
- Raper J. R.: Genetics of sexuality in higher fungi. New York, Ronald Press. 1966
- Read H.: Veteran trees: a guide to good management. English Nature, 2000
- Rektorys K: Variační metody v inženýrských problémech a v problémech matematické fyziky. Praha, Academia, 1999
- Rendle B. J.: World timbers 2. North & South America. University of Toronto Press, 1969



- Rexrode C. O., D. Brown: Oak Wilt. Forest Insect and Disease Leaflet 29. Northcentral Forest Experiment Station, Minnesota, USA. 1983, p 5.
- Roloff R., Baertles, A.: Gehölze. Ulmer, Stuttgart, 1996
- Rudnicki M., Silins U., Lieffers V. J., Josi, G., 2001. Measure of simultaneous tree sways and estimation of crown interactions among a group of trees. *Trees* 15, pp 83 – 90.
- Rypáček V.: Biologie dřevokazných hub. Praha, Academia, 1957
- Seemann D., Unger J. G.: Rindenkrebs der Esskastanie in der Bundesrepublik Deutschland. *Nachr. bl. Dtsch. Pflanzenschutzd.* 45. 1993, pp 120 - 122.
- Seják J., I. Dejmal a kol.: Hodnocení a oceňování biotopů České republiky, Český ekologický ústav, Praha, 2003
- Sell J.: Eigenschaften und Kenngrößen von Holzarten . Baufachverlag AG Zürich, 1989
- Selye H.: Život a stress, Obzor, Bratislava, 1966
- Shapiro S. S., Wilk M. B., Chen H. J.: a comparative study of various tests of normality. *Journal of the American Statistical Association*, 63, 1968, pp 1343-1372
- Shigo A.L., W.C.Shortle: Shigometry; a reference guide,
<http://mills.edu/life/ccm/toyoji/shigo/shigometry.htm>
- Shigo A.L.: a New Tree Biology, Shigo and Trees, Associates, Durham, New Hampshire, 1986
- Shigo, A.L.: Baumschnitt, Bernhard Thalacker Verlag, Braunschweig, 1991
- Schäfer H. a kol.: Modelling the response of mature forest trees to air pollution, *GeoJournal* 17, 1988 pp 279-287 in Hruška, J., Cienciala, E.: Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví, MŽP ČR, Praha, 2001
- Schwerdtfeger W.: The climate of the Antarctic. *World Survey of Climatology*. 1970
- Schwarze F., S. Fink: Die Ermittlung der Holzzersetzungsmuster am lebenden Baum, *Neue Landschaft*, 1994
- Schwarze F. et al.: Fungal Strategies of Wood Decay in Trees. SpringerVerlag. Berlin Heidelberg, 2000
- Schweingruber F. H.: Trees and Wood in Dendrochronology. Morphological, Anatomical and Tree-Ring Analytical Characteristics of Trees frequently used in Dendrochronology. Springer-Verlag. Berlin, 1993
- Siegel S.: Nonparametric statistic for behavioural sciences. International Student Edition, 1956
- Sinclair W. A., H. H. Lyon, W. T. Johnson: Diseases of trees and shrubs. Cornell University Press, Ithaca and London. 1987.
- Sinn G., Wessolly L.: a contribution to the proper assessment of the strength and stability of trees. *Arboricultural Journal* 13(1), 1989, pp 45 – 65.
- Skatter S., Kučera B.: The cause of the prevalent directions of the spiral grain patterns in conifers. *Trees* 12 (1998), pp 265 - 273
- Skatter S., Kučera B.: Spiral grain – An adaptation of trees to withstand stem breakage cause by wind induced torsion. *Holz als Roh- und Werkstoff* 55 (1997), pp 207 – 213
- Skatter S., Kučera, B.: Tree breakage from torsional wind loading due to crown asymmetry. *Forest Ecology and Management* 135 (2000), pp 97 – 103.
- Sliker A., Yu Y.: Elastic constants for hardwoods measured from plate and tension tests. *Wood and Fiber Science*. 25(1), 1993, pp 8–22.
- Sliker A., Yu Y., Weigel T., Zhang W.: Orthotropic elastic constants for eastern hardwood species. *Wood and Fiber Science*. 26(1), 1994, pp 107–121.
- Stathers R. J., Rollerson T. P., Mitchell S. J.: Windthrow handbook for British Columbia forests. B.C. Min. For., Victoria, B.C. Working Paper 9401. 1994
- Stejskal V.: Trestněprávní odpovědnost na úseku ochrany životního prostředí. Praha: PF UK, 2002.
- Stokes A., Berthier S., Nadezhdina N., Cermak J., Loustau D.: Sap flow in Trees is Influenced by Stem Movement. In: Spatz H. – Ch., Speck T. (eds), *Plant Biomechanics 2000*, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 2000, pp 272 - 277
- Stokes A., Berthier S., Sacriste S., Martin F.: Variations in maturation strains and root shape in root systems of Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *Trees* 12: 1998, pp 334 - 339



- Stokes A., Fitter A. H., Coutts M.P.: Response of young trees to wind: effect on root growth. In: Coutts M.P., Grace J. (eds), Wind and trees, Cambridge University Press, 1995, pp 264 – 276
- Stokes A., Martin F., Sacriste S., Fourcaud T.: Adaptation of the tree roots to wind loading – relationship between mechanical behaviour and wood formation. In: Jeronimidis G., Vincent J. F. V. (eds) Plant Biomechanics, Centre for Biomimetics, The University of Reading, 1997 pp 339 – 346
- Stolina, M. a kol.: Ochrana lesa, Příroda, Bratislav, 1985
- Streito J.: *Phytophthora* disease of alder: identification and distribution. Forestry Commission Bulletin 126, 2003, pp 25-39.
- Swerdtfeger F.: Die Waldkrankheiten, Hamburg – Berlin in Stolina, M. a kol., 1985: Ochrana lesa, Příroda, Bratislava, 1970
- Szujecki A.: Ekologia owadów leśnych, Warszawa in Stolina, M. a kol., 1985: Ochrana lesa, Příroda, Bratislava, 1980
- Šlezingerová J., Gandelová L. Stavba dřeva. Skriptum MZLU Brno, 1998.
- Telewski F. W., Pruyn M. L.: Thigmomorphogenesis: a dose response to flexing in *Ulmus americana* seedlings. Tree physiology 18, 1998, pp 65 – 68.
- Timoshenko S., Gere J. M.: Mechanics of materials. Brooks/Cole Engineering Division, Monterey, California, 1984
- Tsoumis G. T.: Science and Technology of Wood – Structure, Properties, Utilisation. Chapman & Hall, New York, 1991
- Uhlířová H. a kol.: Smptomy poškození lesních dřevin, MZ ČR a Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Jíloviště – Strnady, 1996
- USDA Forest Products Laboratory.: Wood handbook—Wood as an engineering material. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 1999
- Valinger E., Fridman J.: Models to Assess the Risk of Snow and Wind Damage in Pine, Spruce and Birch Forests in Sweden. Environmental Management 24, 1999, pp 209 - 217
- Van Breemen: Soil acidification and alkalization in Ulrich B., Sumner M. E. (eds.): Soil Acidity, Springer, Berlin in Hruška J., Cienciala E., 2001: Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví, MŽP ČR, Praha, 1992
- Vicena I., Pařez J., Konôpka J.: Ochrana lesa proti polomům. Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR, Praha. 1979
- Vicena I.: Hniloby stromů a polomy. Lesnická práce, 81 (11), 2002, pp 499-501.
- Vopálka V. In: Hendrych D. a kol.: Správní právo – obecná část. 4. vyd. Praha, C. H. Beck 2001
- Vorreiter L.: Holztechnologisches Handbuch . Verlag Georg Fromme & Co. Sien, 1949
- Waddington C. H.: Tools for thought, Basis Books Inc., New York, 1977 in Michal I. a kol.: Ekologická stabilita, Veronica, Brno. 1992
- Wagener W. W.: Judging Hazards from Native Trees in California Recreational Areas: a Guide for Professional Foresters. USFS Research Paper PSWP1, 1963, 29 pp.
- Wagenführ R., Scheiber C.: Holzatlas . VEB Fachbuchverlag Leipzig Leipzig, 1989
- Wahlström K. T., Vollbrech, G.: Distribution of *Armillaria ostoyae*, *Armillaria borealis*, and *Armillaria cepistipes* in two conifer stands in Sweden. In Infection Biology of *Armillaria* Species: in vitro pectinolytic activity, infection strategy field distribution and host responses. Dr.Agric.Thesis. Swed.Un.of Agr.Sc.Uppsala, 1992, pp 1-17.
- Watson A. J.: Measurement of wind induced tree root stresses in New Zealand. In: Coutts M.P., Grace J. (eds), Wind and trees, Cambridge University Press, 1995, pp 220 - 227
- Weihs U.: Kurzfassung des Abschlussberichtes zum AGIP-Teilprojekt „Zerstörungsfreie Diagnoseverfahren an stehende Laubbäumen – Farbkerndiagnose – Holzveränderungen“, Fachhochschule Göttingen, 2001
- Wessolly L.: Material and structure properties of trees. Continuation of the Stuttgart Strength Catalogue. 15th Bad Godesberg Tree Seminář, 1992
- Wessolly L.: Bruchdiagnose von Bäumen: Teil 1: Statisch integrierte Verfahren – messung mit Zugversuch. Stadt und Grün 6, 1995(a). pp 416 – 422



- Wessolly L.: Bruchdiagnose von Bäumen: Teil 2: Statisch integrierte Verfahren – Die Statisch Integrierte Abschätzung (SIA). Stadt und Grün 8, 1995(b), pp 570 – 573
- Wessolly L.: Wie hohl darf ein Baum sein? Neue Landschaft 11, 1996(a), pp 847 – 850
- Wessolly L.: Standsicherheit von Bäumen: Die Kippvorgang ist geklärt. Stadt und Grün 4, 1996(b), pp 268 - 272
- Wessolly L., M. Erb: Baumstatik und Baumkontrolle, Patzer Verlag, 1998
- Wessolly L.: Fracture diagnosis of trees, Part 3: Boring is no way for reliable fracture diagnosis, Stadt und Grün 1995, No. 9, 635-640
- Wessolly L., G. Sinn: Baumstatik - zwei neue zerstörungsfreie Meßverfahren (Teil 1). Das Gartenamt, 38 (1989) Juli
- Wessolly L., G. Sinn: Theoretische Grundlagen der Baumstatik. Das Gartenamt 36, 1987
- Wessolly L., G. Sinn: Zur sachgerechten Beurteilung der Stand- und Bruchsicherheit von Bäumen. Der Sachverständige, Heft 4 (1988)
- White J.: Estimating the Age of Large and Veteran Trees in Britain, Forestry Commission, Edinburgh, 1998
- Wilson T. R. C.: Strength-moisture relations for wood. Tech. Bull. 282. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 1932
- Wood J.: Understanding wind forces on trees. In: Coutts M. P., Grace J. (eds), Wind and trees, Cambridge University Press, 1995, pp 133 -165
- Zeng P., Takahashi H.: a first-order closure model for the wind flow within and above vegetation canopies. Agricultural and Forestry Meteorology 103 (2000), pp 301 – 313.
- Zobel B., Buijtenen J. P.: Wood Variation – Its Causes and Control. Springer Verlag, Berlin Heidelberg. 1989.



Pomocný manuál metody WLA



Český certifikovaný arborista

www.arborista.cz

dendrometrie

krok A

základní hodnota stability

krok B

vliv defektu

krok C

stabilizační řez

krok D

krok A - vysvětlení

Druh stromu ① - Používejte vědecký název. U kultivarů postupujte v tabulkách a diagramech dle základního druhu. Nejsou-li data pro konkrétní druh stromu zpracována, postupujte dle druhu podobných materiálových vlastností.

Výška stromu ② - Měřte od báze kmene po nejvyšší bod v koruně. Musí být měřena výškoměrem s respektováním všech zásad měření výšek.

Výška kmene ③ - Měřte od báze kmene po spodní hranu koruny, tzn. po konečky nejspodnějších větví v prostoru, a ne po jejich nasazení ke kmeni. Musí být měřena výškoměrem.

Výška koruny ④ - Zjistíte odečtením výšky kmene od výšky stromu.

Excentricita koruny ⑤ - Jedná se o horizontální vzdálenost středu paty kmene a odhadnutého místa těžiště vychýlené koruny. Musí být měřena pásmem, event. dálkoměrem. Zjišťuje se pouze u stromů nakloněných či s výrazně excentrickou korunou.

Průměr koruny ⑥ - Uvádějte průměr koruny ve směru předpokládaného větrného náporu. U soliterně rostoucích stromů uvažujte průměr největší. Musí být měřen pásmem, event. dálkoměrem.

Tvar koruny ⑦ - Tvarová charakteristika habitu koruny. Trojúhelníková (méně časté, většinou u jehličnanů) či oblá (častější, jehličnany i listnáče).

Průměr kmene - Měřte v tzv. výčetní výšce 130 cm na zemi, v kolmém směru k ose kmene. U eliptického kmene uvádějte průměr dvou na sebe kolmých měření. U stromů nízko se větvících lze průměr změřit níže. Případné nerovnosti ("boule") na kmeni do průměru nezapočítávejte. Musí být měřen průměrkou, obvodovým pásmem nebo běžným pásmem s následným přepočtem. POZOR - na vícekmenný nelze výpočet metody WLA aplikovat.

Tloušťka borky - Odhadujte s přihlédnutím k druhu a stáří stromu. Je možné měřit např. pomocí nože.

Čistý průměr kmene ⑧ - Získáte odečtením dvojnásobku tloušťky borky od průměru kmene. Charakterizuje nosný profil dřevní části kmene ve výčetní výšce.

krok A - Dendrometrie

Druh stromu

①

Výška stromu

m ② -

Výška kmene

m ③ =

Výška koruny

m ④

Excentricita koruny

m ⑤

Průměr koruny

m ⑥

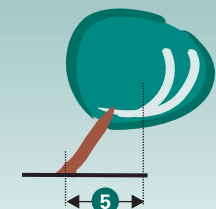
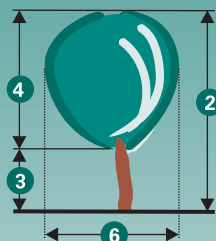
Tvar koruny

⑦ - rozdělení pro tabulky A a C

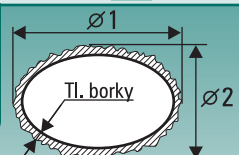


trojúhelníková = \triangle

oblá = \bigcirc



Průměr kmene



$\frac{\text{Ø1} + \text{Ø2}}{2} - (2 \cdot \text{Tl. borky}) = \text{Čistý Ø kmene}$

$\left(\frac{\text{Ø kmene 1} + \text{Ø kmene 2}}{2} - \left(2 \cdot \text{Tloušťka borky} \right) \right) = \text{Čistý Ø kmene ⑧}$

krok A

krok B - vysvětlení

Tabulka A je zpracována zvlášť pro trojúhelníkový a oblý tvar koruny (7).

- Odečtete z Tabulky A pro správný tvar koruny ⑦ plochu koruny ⑨ na základě výšky koruny ④ a jejího průměru ⑥. V případě, že se hodnota nachází mezi hodnotami uvedenými v tabulce, dopočtete ji interpolací.
- Pokud to situace na stanovišti vyžaduje, zvolte patřičný koeficient stanoviště ⑩, pokud si nejste jistý, ponechte hodnotu 100.

Volná krajina - převážně rovinnatého charakteru, zcela mimo zástavbu, bez ochranného vlivu okolo rostoucích stromů.

Ves / členitý terén - Zástavba vesnického charakteru, event. rozvolněný porost stromů. Kopcovitý terén, hluboká údolí.

Příměstská oblast - Zástavba vesnic. či předměst. charakteru, avšak přímo navazující na město, nezasazená v krajině.

Město - Městská zástavba s vícepatrovými budovami.

Diagram B je zpracován pro každý druh stromu ① zvlášť a to ve více variantách dle průměru kmene.

- Odečtete z Diagramu B koeficient materiálových vlastností pro namáhání ohybem ⑪ na základě druhu stromu ① a čistého průměru jeho kmene ⑧.

Tabulka C je zpracována zvlášť pro trojúhelníkový a oblý tvar koruny ⑦.

- Z Tabulky C pro správný tvar koruny ⑦ odečtete výšku umístění těžiště ⑫ na základě výšky stromu ② a výšky kmene ③.
- Uvedeným výpočtem získáte základní hodnotu stability pro ohybové namáhání ⑭ v %. Hodnota 100% znamená, že strom bez dalších defektů (viz krok C) je právě schopný odolat definované větrné zátěži bez nutnosti stabilizace (viz krok D). Je-li hodnota nad 100%, výpočet může pokračovat krokem C. Je-li hodnota pod 100%, výpočet může pokračovat krokem D.

Diagram D je zpracován pro každý druh stromu ① zvlášť a to ve více variantách dle průměru kmene.

- Pokud byla zjištěna excentricita koruny (hodnota ⑤ > 0) odečtete z diagramu D hodnotu koeficientu materiálových vlastností pro namáhání v krutu.
- Uvedeným výpočtem získáte základní hodnotu stability v krutu ⑮, hodnota 100% a více znamená, že strom je schopný vyrovnat se s definovanou zátěží. Výpočet odolnosti proti ukrocení dále NEPOKRAČUJE.

krok B - Základní hodnota stability

6 ; 4 → Tabulka A → m² 9 Plocha koruny

Koeficient stanoviště

10 ← 100 Volná krajina 111 Ves / Členitý terén 125 Příměstská oblast 140 Město

Ohyb

1 ; 8 Diagram B 11
Koef. materiálových vlastností
2 ; 3 Tabulka C m 12
Výška těžiště
11 · 1000
9 · 12 · 10 = % 14
Zákl. hodnota stability
Ohyb

výpočet může pokračovat

Pokud je Základní hodnota stability pro ohyb:
> 100% pokračujeme krokem C
< 100% pokračujeme krokem D.

Krut

1 ; 8 Diagram D 13
Koef. materiálových vlastností
13 · 1000
9 · 5 · 10 = % 15
Zákl. hodnota stability
Krut

stop - zde výpočet končí

Základní hodnota stability pro krut
je konečný výsledek

krok B

krok C - vysvětlení

Zohlednění rozsahu zjištěného defektu při výpočtu základní hodnoty stability je možné provést 3 způsoby:

- volbou jednoho z typů nosných profilů z galerie obrázků 16.
- výpočtem vlivu změněné zbytkové stěny uzavřené dutiny na základní hodnotu stability
- výpočtem minimální zbytkové stěny uzavřené dutiny pro dosažení základní hodnoty stability 100%

Tyto tři způsoby **NELZE KOMBINOVAT**.

Zvolte typ nosného profilu na základě odhadnutého poměru tloušťky zbytkové stěny ku průměru kmene a velikosti otvoru do dutiny. Volit můžete i profil typu "rozpadlá tlaková vidlice" 16.

- Uvedeným výpočtem upravte původní základní hodnotu stability pro ohyb 14.

Diagram E je zpracován ve více variantách pro různá rozmezí hodnot koeficientu zbytkové stěny.

- V případě, že znáte zbytkovou stěnu uzavřené dutiny jako výsledek přímého či nepřímého měření 19, vypočtete vydělením známé zbytkové stěny 19 čistým průměrem kmene 8 koeficient zbytkové stěny. Z diagramu E odečtete koeficient snížení pevnosti 20.

- Vynásobením základní hodnoty stability 14, získáte hodnotu upravenou. Pokud je tato hodnota < 100%, můžete pokračovat krokem D.

Diagram F je zpracován ve dvou variantách, přičemž jedna je pouze podrobnější pro spodní část křivky.

- Pokud neznáte zbytkovou stěnu, můžete pro účely odhadu vypočítat její minimální tloušťku, se kterou hodnocený strom právě dosáhne základní hodnoty stability 14 = 100%.
- Na základě podílu čísla 100 ku základní hodnotě stability (14) odečtete z diagramu F koeficient redukce průměru kmene 17.
- Vynásobením koeficientu 17 čistým průměrem kmene 8 obdržíte minimální nutnou zbytkovou stěnu uzavřené dutiny bez borky pro dosažení základní hodnoty stability 14 B = 100%.

krok C - Vliv defektu

Vliv defektů určíme jednou ze tří následujících metod:

Metoda 1

Hodnotu uvedenou u patřičného průřezu vepište do pole 16

velikost kalusového valu	velikost trhliny	velikost trhliny	velikost trhliny
50/81 14/50 11/13	88 56 32	83 65 34	88 69 42
59/95 18/60 5/20	68 43 25	64 47 31	70 64 40
89/104 32/76 17/29	43 27 16	48 33 18	63 57 37
96/105 43/81 11/32	10 6 3	11 8 4	23 22 21

Nosný profil typu "rozpadlá tlaková vidlice", vznikající většinou po odlomení části koruny.

Otevřená centrální dutina bez výraznějšího vývoje kalusu.

Otevřená centrální dutina s vývojem kalusu.

Otevřená centrální dutina s výrazným vývojem kalusového valu, který otvor do dutiny téměř uzavírá.

Známa zbytková stěna

19 → 14B
Diagram E 20
Koeficient zbytkové stěny
8
20 · 14 = % 14B
Redukovaná odolnost proti zlomu (% ohyb)

Neznámá zbytková stěna

100% → 18
Diagram F 17
Koeficient redukce průměru kmene
14
17 · 8 = cm 18
Minimální zbytková stěna dutiny

krok C

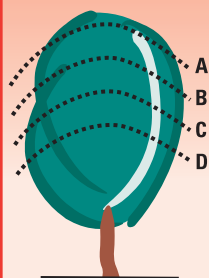
krok D - vysvětlení

Krok D (použití stabilizačního řezu) je možné aplikovat POUZE u stromů s oblým tvarem koruny 7.

Diagram G je zpracován pro 6 typů korun, definovaných poměrem výšky kmene ku výšce celého stromu.

- Zvolte nejvhodnější diagram G nejbližší hodnotě získané jako podíl výšky kmene 3 a výšky stromu 2.
- Hodnoty v diagramu G byly stanoveny pro referenční výšku stromu 20 m a pro kontury redukce A = 2 m; B = 4 m; C = 6 m a D = 8 m. Pro přepočet úrovně řezu pro výšku konkrétního hodnoceného stromu vynásobte výšku stromu 2 hodnotami 0,1 (pro konturu A); 0,2 (pro konturu B); 0,3 (pro konturu C) a 0,4 (pro konturu D).
- Z diagramu G zvoleného výše uvedeným způsobem odečtete koeficient 21 pro každou konturu redukčního řezu (A-D). Pozor - vzhledem k možnosti redukovat korunu pod určitou úroveň nemůže diagram G zahrnovat možnost využít všechny čtyři kontury (A-C).
- Vynásobením získaných koeficientů základní hodnotou stability 14C, ke které jste došel dosavadním postupem, získáte upravenou základní hodnotu stability 14D, kterou bude mít strom po aplikaci jednotlivých kontur řezu.
- Volbu nejvhodnější úrovně řezu a posouzení možnosti její realizace na konkrétním jedinci musí bezpodmínečně zhodnotit kvalifikovaný arborista především na základě znalosti regeneračních schopností daného taxonu 1 a zhodnocení fyziologické vitality daného jedince v konkrétních stanovištních poměrech.

krok D - Stabilizační řez



Tento krok se týká pouze stromů s oblou korunou.



0,1 0,25 0,4 0,5 0,6 0,75

3 = rovná se přibližně (21)

Zaškrtni pouze jednu z možností
Typ Diagramu G

Původní základní hodnota stability
(uvěď buď hodnotu 14, 14A nebo 14B)

14 14A 14B % (14C)

Uveď pouze jednu z hodnot

Výška stromu m = m → % · = % (14D)

Úroveň stabilizačního řezu

Původní zákl. hodnota stability

Koeficient z diagramu G

Upravená základní hodnota stability

A ... 0,1 · m = m → % · = % (14D)

B ... 0,2 · m = m → % · = % (14D)

C ... 0,3 · m = m → % · = % (14D)

D ... 0,4 · m = m → % · = % (14D)

Nutné zhodnocení možnosti realizovat zvolenou úroveň řezu kvalifikovaným arboristou.

krok D

Tabulka A - Oblá koruna



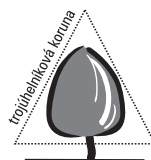
Tabulka A - Plocha koruny - oblá koruna

Tabulka slouží k odečtení hodnoty plochy koruny (krok B, pole 9)

Výška koruny ④ (m)	Průmět koruny ⑥ (m)											
	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	
	5	12	20	27	35	43	51	59	67	75	82	90
	7	16	27	38	49	60	71	82	93	104	115	126
	9	21	35	49	64	78	92	106	120	134	148	163
	11	26	43	60	78	95	112	130	147	164	181	199
	13	31	51	71	92	112	133	153	174	194	214	235
	15	35	59	82	106	130	153	177	200	224	247	271
	17	40	67	93	120	147	174	200	227	254	280	307
	19	45	75	104	134	164	194	224	254	284	313	343
	21	49	82	115	148	181	214	247	280	313	346	379
	23	54	90	126	163	199	235	271	307	343	379	415
25	59	98	137	177	216	255	295	334	373	412	452	
27	64	106	148	191	233	276	318	360	403	445	488	
29	68	114	159	205	251	296	342	387	433	478	524	
31	73	122	170	219	268	317	365	414	463	511	560	
33	78	130	181	233	285	337	389	441	492	544	596	
35	82	137	192	247	302	357	412	467	522	577	632	
37	87	145	203	262	320	378	436	494	552	610	668	
39	92	153	214	276	337	398	459	521	582	643	705	

Tabulka A - Plocha koruny - trojúhelníková koruna

Tabulka slouží k odečtení hodnoty plochy koruny (krok B, pole 9)



Výška koruny ④ (m)	Průmět koruny ⑤ (m)											
	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	
	5	8	13	18	23	28	33	38	43	48	53	58
	7	11	18	25	32	39	46	53	60	67	74	81
	9	14	23	32	41	50	59	68	77	86	95	104
	11	17	28	39	50	61	72	83	94	105	116	127
	13	20	33	46	59	72	85	98	111	124	137	150
	15	23	38	53	68	83	98	113	128	143	158	173
	17	26	43	60	77	94	111	128	145	162	179	196
	19	29	48	67	86	105	124	143	162	181	200	219
21	32	53	74	95	116	137	158	179	200	221	242	
23	35	58	81	104	127	150	173	196	219	242	265	
25	38	63	88	113	138	163	188	213	238	263	288	
27	41	68	95	122	149	176	203	230	257	284	311	
29	44	73	102	131	160	189	218	247	276	305	334	
31	47	78	109	140	171	202	233	264	295	326	357	
33	50	83	116	149	182	215	248	281	314	347	380	
35	53	88	123	158	193	228	263	298	333	368	403	
37	56	93	130	167	204	241	278	315	352	389	426	
39	59	98	137	176	215	254	293	332	371	410	449	

Tabulka A - Trojúhelníková koruna

Diagram B - ohyb - Jehličnany ostatní



Ohyb

Diagram B - pro průměr kmene od 0,3 do 0,5 m - Jehličnany ostatní

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností (krok B pole 11)

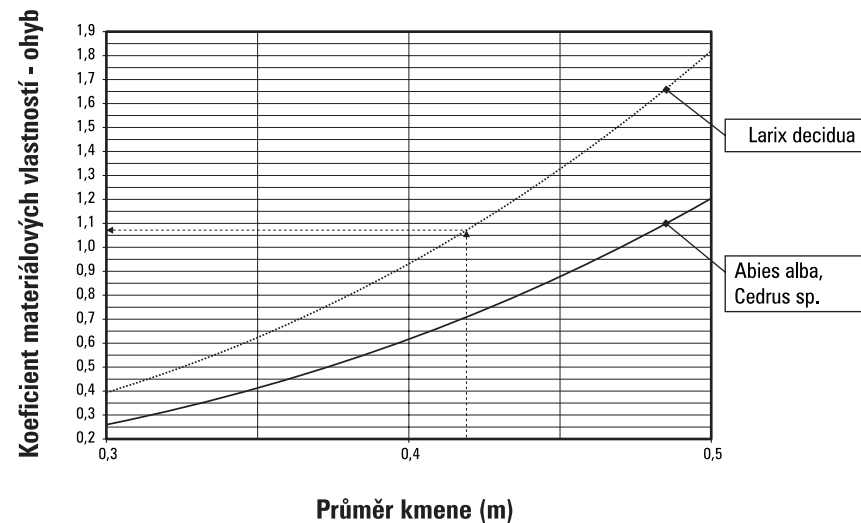


Diagram B - pro průměr kmene od 0,5 do 1,0 m - Jehličnany ostatní



Ohyb

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 11)

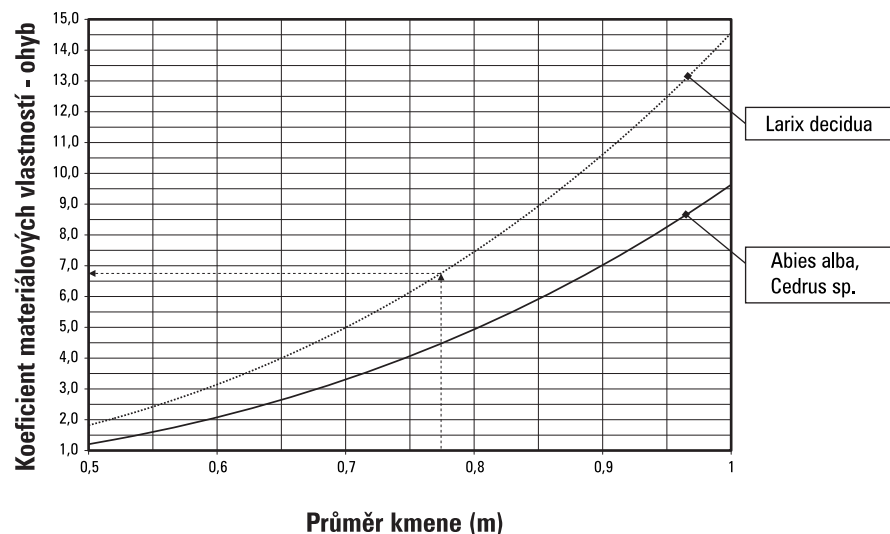


Diagram B - ohyb - Jehličnany ostatní

Diagram B - ohyb - Jehličnany P



Ohyb

Diagram B - pro průměr kmene od 0,3 do 0,5 m - Jehličnany P

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 11)

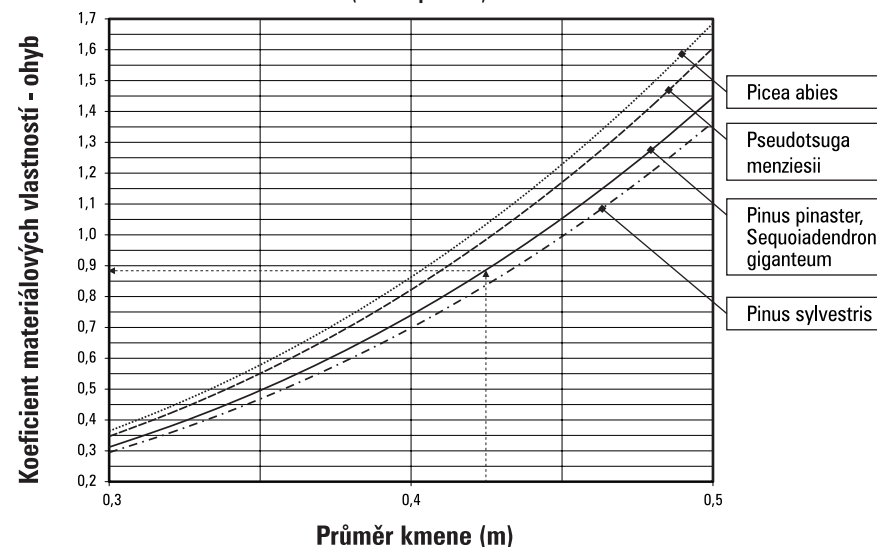


Diagram B - pro průměr kmene od 0,5 do 1,0 m - Jehličnany P



Ohyb

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 11)

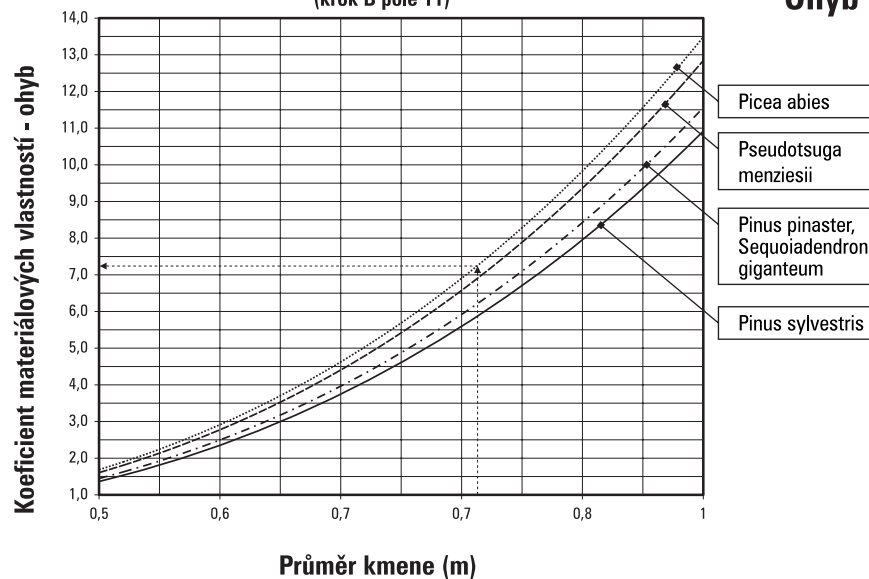


Diagram B - ohyb - Jehličnany P

Diagram B - ohyb - Listnáče A



Ohyb

Diagram B - pro průměr kmene od 0,3 do 0,5 m - Listnáče A

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 11)

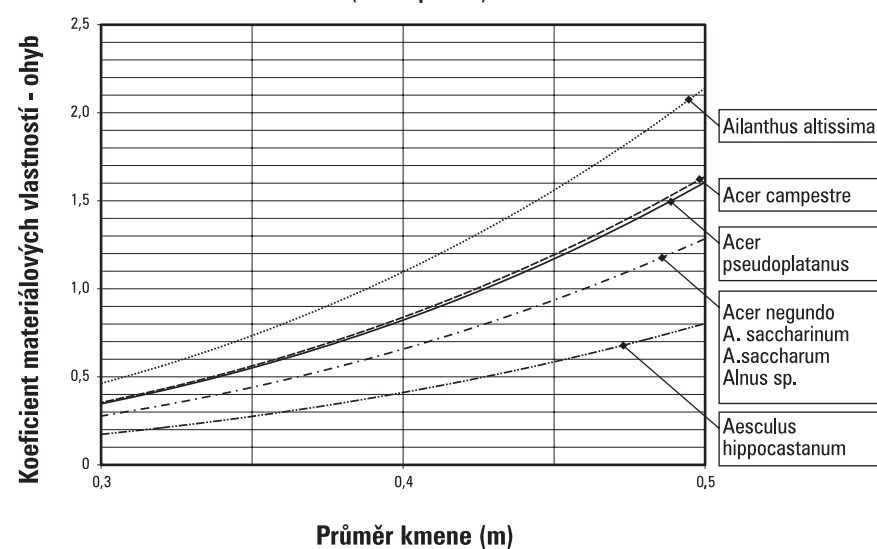


Diagram B - pro průměr kmene od 0,5 do 1,0 m - Listnáče A



Ohyb

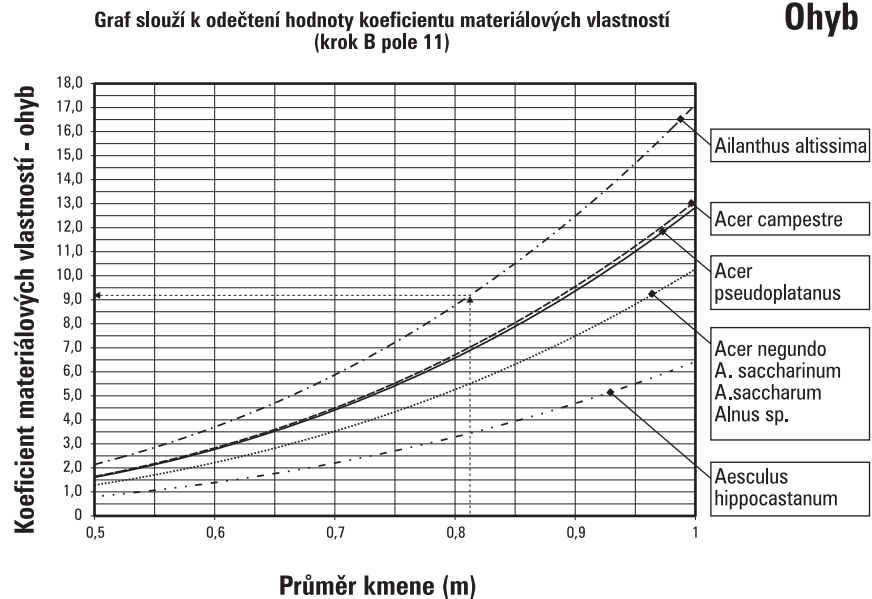


Diagram B - ohyb - Listnáče A

Diagram B - ohyb - Listnáče B



Ohyb

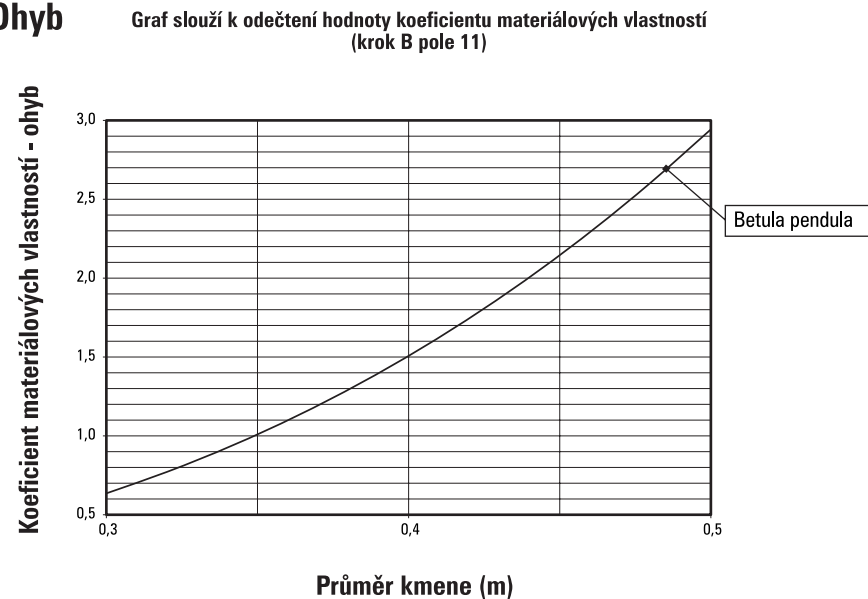


Diagram B - pro průměr kmene od 0,5 do 1,0 m - Listnáče B



Ohyb

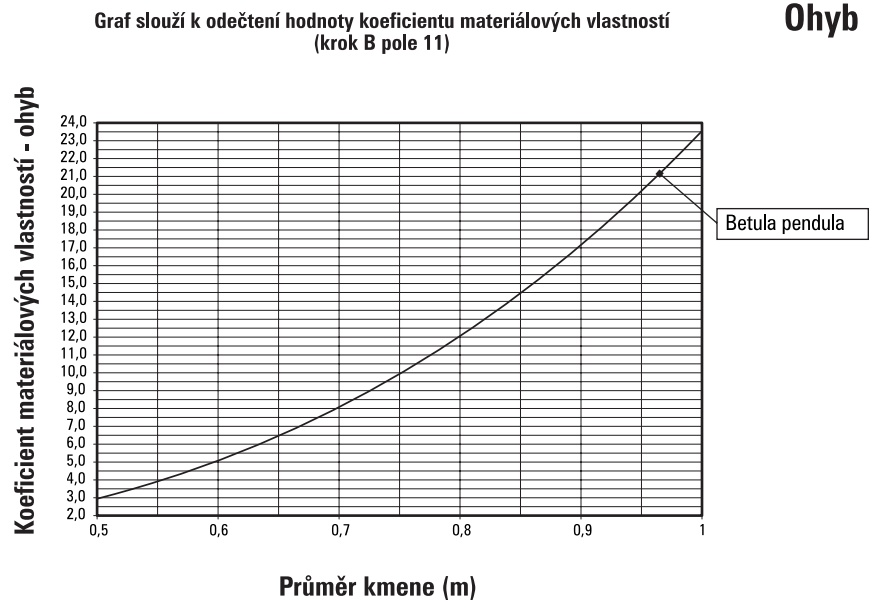


Diagram B - ohyb - Listnáče B

Diagram B - ohyb - Listnáče C-F



Ohyb

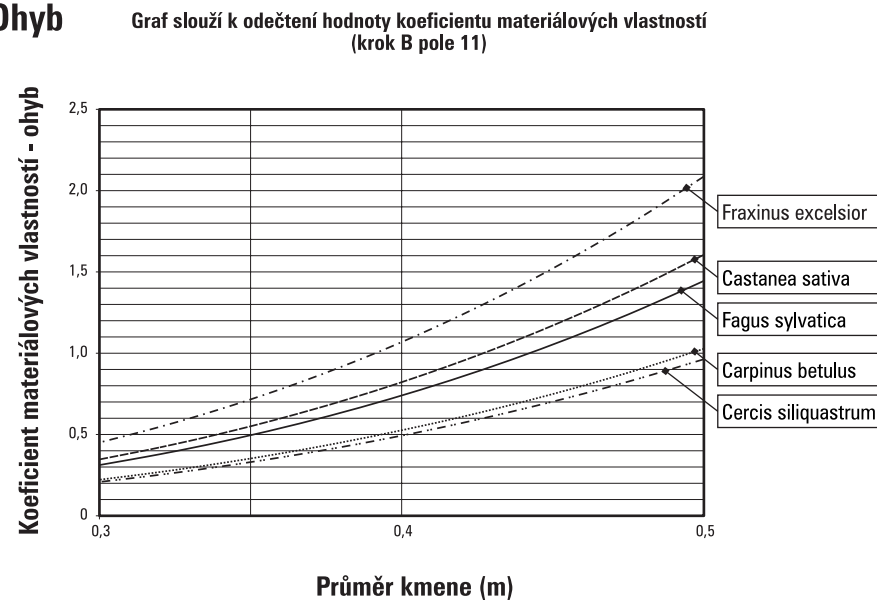


Diagram B - pro průměr kmene od 0,5 do 1,0 m - Listnáče C-F



Ohyb

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 11)

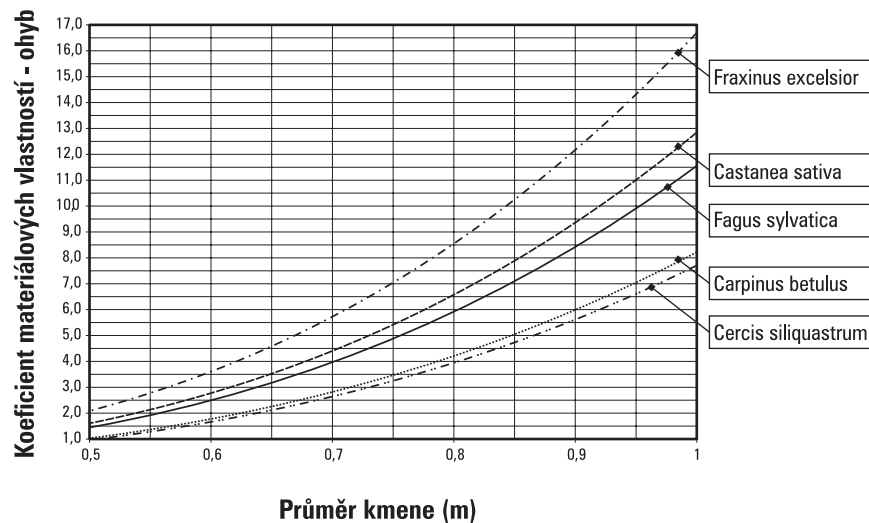


Diagram B - ohyb - Listnáče C-F

Diagram B - ohyb - Listnáče G-O



Ohyb

Diagram B - pro průměr kmene od 0,3 do 0,5 m - Listnáče G-O

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 11)

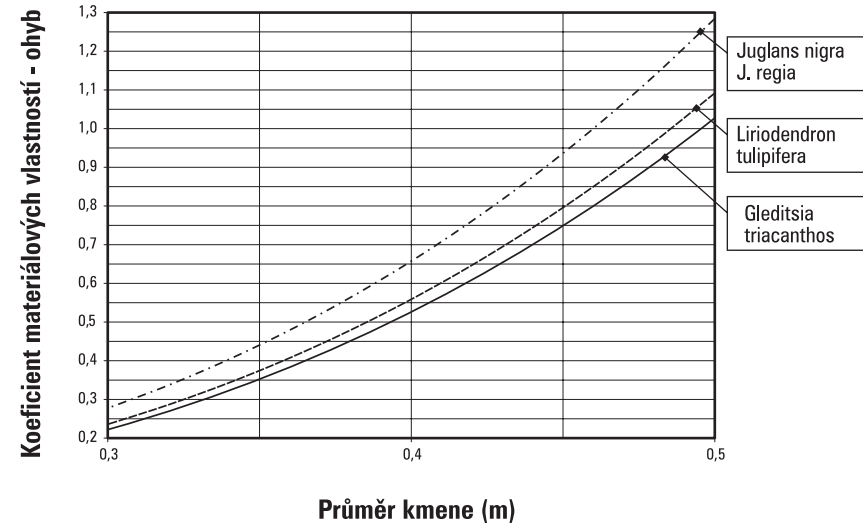


Diagram B - pro průměr kmene od 0,5 do 1,0 m - Listnáče G-O



Ohyb

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 11)

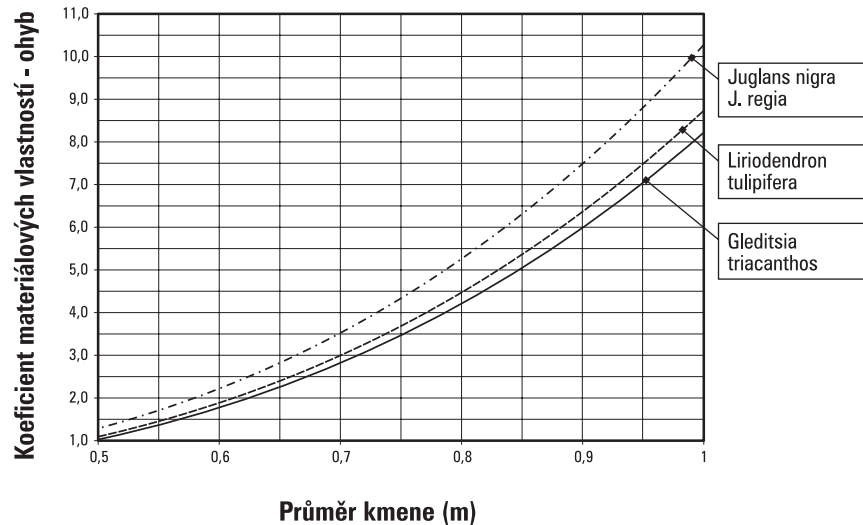


Diagram B - ohyb - Listnáče G-O

Diagram B - ohyb - Listnáče P



Ohyb

Diagram B - pro průměr kmene od 0,3 do 0,5 m - Listnáče P

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 11)

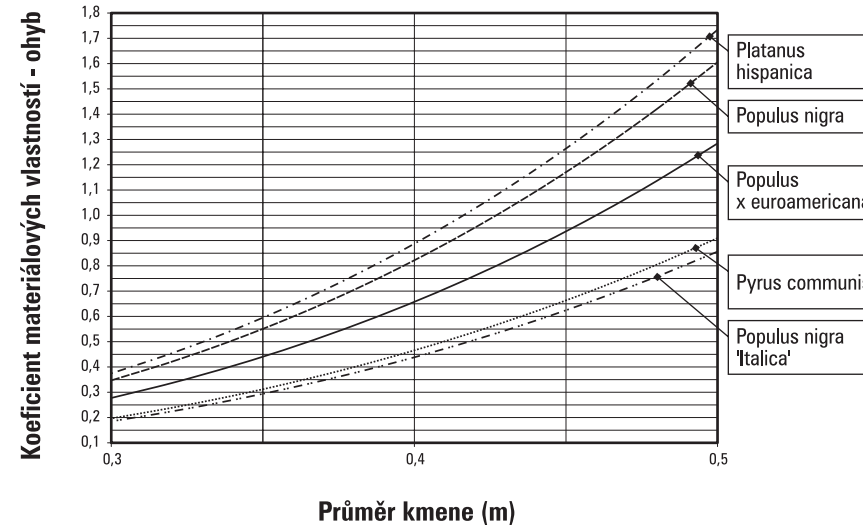


Diagram B - pro průměr kmene od 0,5 do 1,0 m - Listnáče P



Ohyb

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 11)

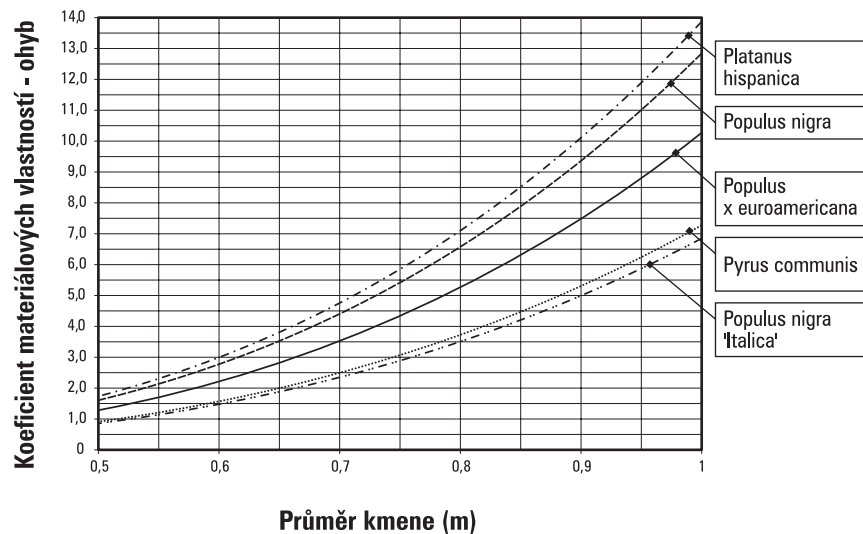


Diagram B - ohyb - Listnáče P

Diagram B - ohyb - Listnáče Q-R



Ohyb

Diagram B - pro průměr kmene od 0,3 do 0,5 m - Listnáče Q-R

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 11)

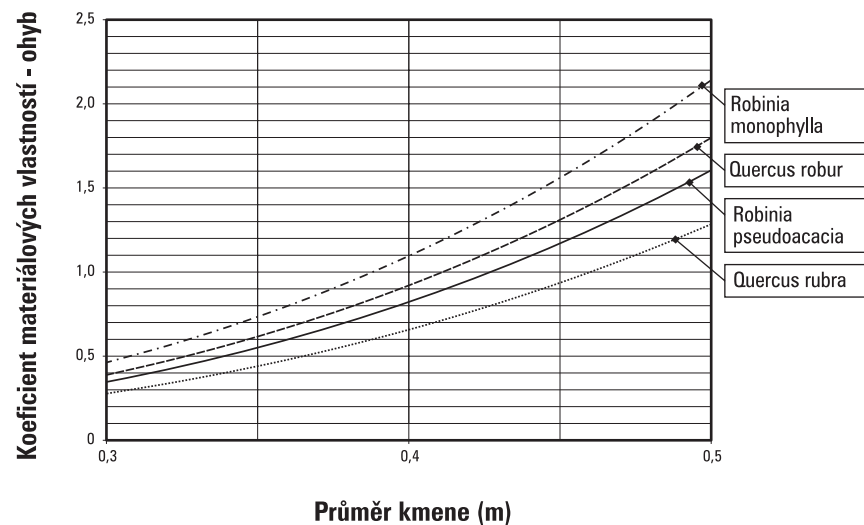


Diagram B - pro průměr kmene od 0,5 do 1,0 m - Listnáče Q-R



Ohyb

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 11)

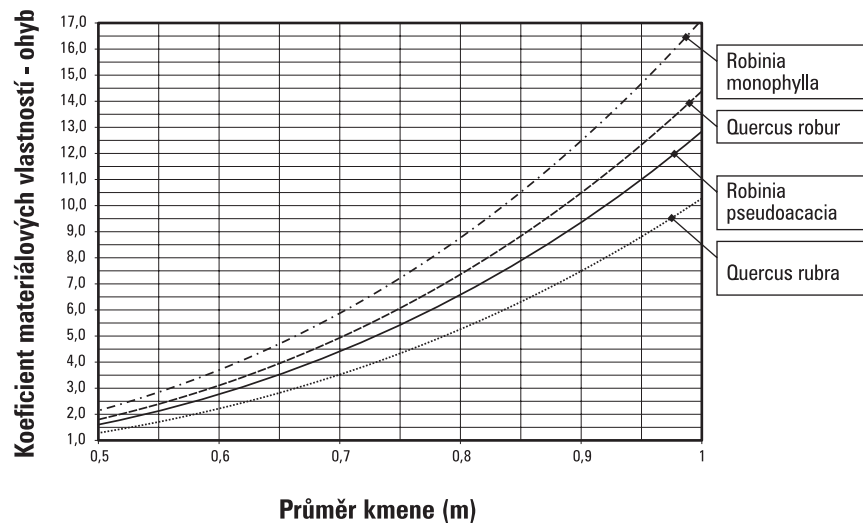


Diagram B - ohyb - Listnáče Q-R

Diagram B - ohyb - Listnáče S



Ohyb

Diagram B - pro průměr kmene od 0,3 do 0,5 m - Listnáče S

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 11)

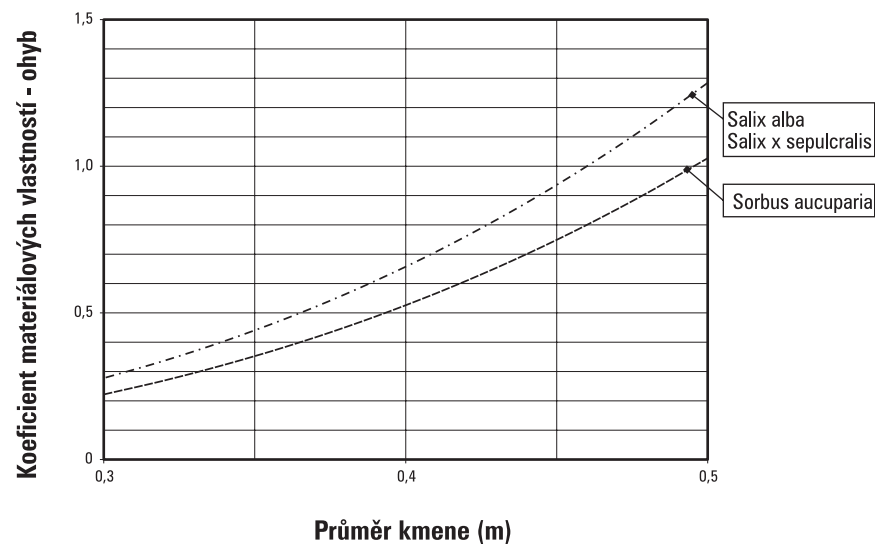


Diagram B - pro průměr kmene od 0,5 do 1,0 m - Listnáče S



Ohyb

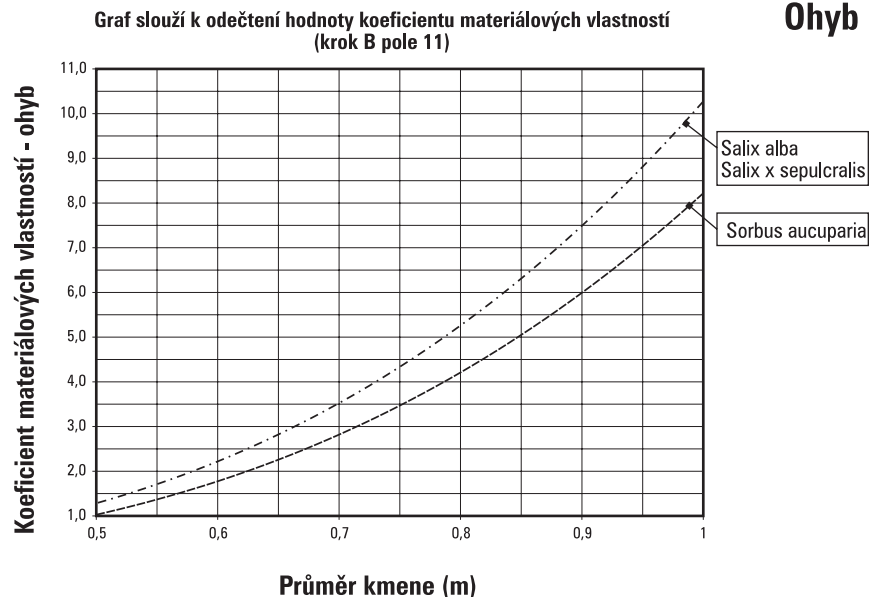


Diagram B - ohyb - Listnáče S

Diagram B - ohyb - Listnáče T-Z



Ohyb

Koeficient materiálových vlastností - ohyb

Diagram B - pro průměr kmene od 0,3 do 0,5 m - Listnáče T-Z

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností (krok B pole 11)

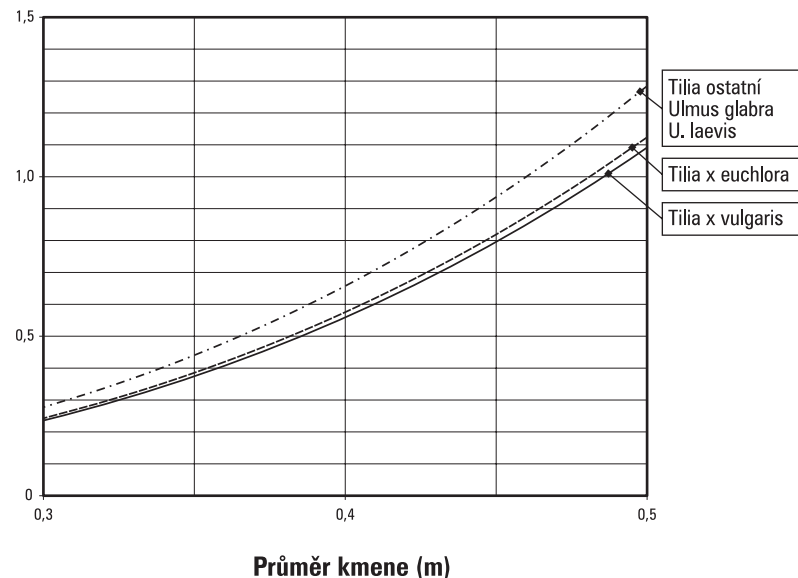


Diagram B - pro průměr kmene od 0,5 do 1,0 m - Listnáče T-Z



Ohyb

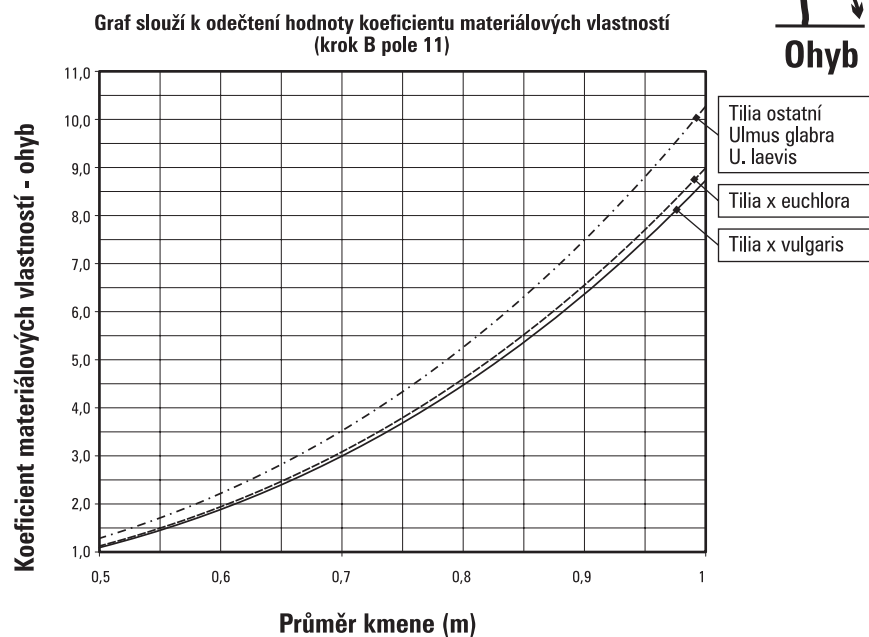
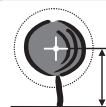


Diagram B - ohyb - Listnáče T-Z

Tabulka C - Oblá koruna

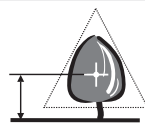
Výška stromu \varnothing (m)

Tabulka C - Výška těžiště - oblá koruna

Tabulka slouží ke stanovení výšky těžiště koruny (krok B pole 12)

Výška kmene \varnothing (m)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
5	3,0	3,5	4,0	4,5																						
6	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5																					
7	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5																				
8	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5																			
9	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5																		
10	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5																	
11	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5																
12	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5															
13	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5														
14	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5													
15	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5												
16	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5											
17	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5										
18	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5									
19	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5								
20	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5							
21	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5						
22	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5					
23	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5				
24	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5			
25	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5		
26	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	25,5	
27	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	25,5	26,0	
28	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	25,5	26,0	26,5	
29	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	25,5	26,0	26,5	27,0	
30	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	25,5	26,0	26,5	27,0	27,5	
31	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	25,5	26,0	26,5	27,0	27,5	28,0	
32	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	25,5	26,0	26,5	27,0	27,5	28,0	28,5	
33	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	25,5	26,0	26,5	27,0	27,5	28,0	28,5	29,0	
34	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	25,5	26,0	26,5	27,0	27,5	28,0	28,5	29,0	29,5	
35	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	25,5	26,0	26,5	27,0	27,5	28,0	28,5	29,0	29,5	30,0	
36	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	25,5	26,0	26,5	27,0	27,5	28,0	28,5	29,0	29,5	30,0	30,5	
37	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	25,5	26,0	26,5	27,0	27,5	28,0	28,5	29,0	29,5	30,0	30,5	31,0	
38	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	25,5	26,0	26,5	27,0	27,5	28,0	28,5	29,0	29,5	30,0	30,5	31,0	31,5	
39	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	25,5	26,0	26,5	27,0	27,5	28,0	28,5	29,0	29,5	30,0	30,5	31,0	31,5	32,0	

Tabulka C - Výška těžiště - trojúhelníková koruna



Tabulka slouží ke stanovení výšky těžiště koruny (krok B pole 12)

Výška kmene $\textcircled{2}$ (m)

Výška stromu $\textcircled{2}$ (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
5	2,3	3,0	3,7	4,3																					
6	2,7	3,3	4,0	4,7	5,3																				
7	3,0	3,7	4,3	5,0	5,7	6,3																			
8	3,3	4,0	4,7	5,3	6,0	6,7	7,3																		
9	3,7	4,3	5,0	5,7	6,3	7,0	7,7	8,3																	
10	4,0	4,7	5,3	6,0	6,7	7,3	8,0	8,7	9,3																
11	4,3	5,0	5,7	6,3	7,0	7,7	8,3	9,0	9,7	10,3															
12	4,7	5,3	6,0	6,7	7,3	8,0	8,7	9,3	10,0	10,7	11,3														
13	5,0	5,7	6,3	7,0	7,7	8,3	9,0	9,7	10,3	11,0	11,7	12,3													
14	5,3	6,0	6,7	7,3	8,0	8,7	9,3	10,0	10,7	11,3	12,0	12,7	13,3												
15	5,7	6,3	7,0	7,7	8,3	9,0	9,7	10,3	11,0	11,7	12,3	13,0	13,7	14,3											
16	6,0	6,7	7,3	8,0	8,7	9,3	10,0	10,7	11,3	12,0	12,7	13,3	14,0	14,7	15,3										
17	6,3	7,0	7,7	8,3	9,0	9,7	10,3	11,0	11,7	12,3	13,0	13,7	14,3	15,0	15,7	16,3									
18	6,7	7,3	8,0	8,7	9,3	10,0	10,7	11,3	12,0	12,7	13,3	14,0	14,7	15,3	16,0	16,7	17,3								
19	7,0	7,7	8,3	9,0	9,7	10,3	11,0	11,7	12,3	13,0	13,7	14,3	15,0	15,7	16,3	17,0	17,7	18,3							
20	7,3	8,0	8,7	9,3	10,0	10,7	11,3	12,0	12,7	13,3	14,0	14,7	15,3	16,0	16,7	17,3	18,0	18,7	19,3						
21	7,7	8,3	9,0	9,7	10,3	11,0	11,7	12,3	13,0	13,7	14,3	15,0	15,7	16,3	17,0	17,7	18,3	19,0	19,7	20,3					
22	8,0	8,7	9,3	10,0	10,7	11,3	12,0	12,7	13,3	14,0	14,7	15,3	16,0	16,7	17,3	18,0	18,7	19,3	20,0	20,7	21,3				
23	8,3	9,0	9,7	10,3	11,0	11,7	12,3	13,0	13,7	14,3	15,0	15,7	16,3	17,0	17,7	18,3	19,0	19,7	20,3	21,0	21,7	22,3			
24	8,7	9,3	10,0	10,7	11,3	12,0	12,7	13,3	14,0	14,7	15,3	16,0	16,7	17,3	18,0	18,7	19,3	20,0	20,7	21,3	22,0	22,7	23,3		
25	9,0	9,7	10,3	11,0	11,7	12,3	13,0	13,7	14,3	15,0	15,7	16,3	17,0	17,7	18,3	19,0	19,7	20,3	21,0	21,7	22,3	23,0	23,7	24,3	
26	9,3	10,0	10,7	11,3	12,0	12,7	13,3	14,0	14,7	15,3	16,0	16,7	17,3	18,0	18,7	19,3	20,0	20,7	21,3	22,0	22,7	23,3	24,0	24,7	25,3
27	9,7	10,3	11,0	11,7	12,3	13,0	13,7	14,3	15,0	15,7	16,3	17,0	17,7	18,3	19,0	19,7	20,3	21,0	21,7	22,3	23,0	23,7	24,3	25,0	25,7
28	10,0	10,7	11,3	12,0	12,7	13,3	14,0	14,7	15,3	16,0	16,7	17,3	18,0	18,7	19,3	20,0	20,7	21,3	22,0	22,7	23,3	24,0	24,7	25,3	26,0
29	10,3	11,0	11,7	12,3	13,0	13,7	14,3	15,0	15,7	16,3	17,0	17,7	18,3	19,0	19,7	20,3	21,0	21,7	22,3	23,0	23,7	24,3	25,0	25,7	26,3
30	10,7	11,3	12,0	12,7	13,3	14,0	14,7	15,3	16,0	16,7	17,3	18,0	18,7	19,3	20,0	20,7	21,3	22,0	22,7	23,3	24,0	24,7	25,3	26,0	26,7
31	11,0	11,7	12,3	13,0	13,7	14,3	15,0	15,7	16,3	17,0	17,7	18,3	19,0	19,7	20,3	21,0	21,7	22,3	23,0	23,7	24,3	25,0	25,7	26,3	27,0
32	11,3	12,0	12,7	13,3	14,0	14,7	15,3	16,0	16,7	17,3	18,0	18,7	19,3	20,0	20,7	21,3	22,0	22,7	23,3	24,0	24,7	25,3	26,0	26,7	27,3
33	11,7	12,3	13,0	13,7	14,3	15,0	15,7	16,3	17,0	17,7	18,3	19,0	19,7	20,3	21,0	21,7	22,3	23,0	23,7	24,3	25,0	25,7	26,3	27,0	27,7
34	12,0	12,7	13,3	14,0	14,7	15,3	16,0	16,7	17,3	18,0	18,7	19,3	20,0	20,7	21,3	22,0	22,7	23,3	24,0	24,7	25,3	26,0	26,7	27,3	28,0
35	12,3	13,0	13,7	14,3	15,0	15,7	16,3	17,0	17,7	18,3	19,0	19,7	20,3	21,0	21,7	22,3	23,0	23,7	24,3	25,0	25,7	26,3	27,0	27,7	28,3
36	12,7	13,3	14,0	14,7	15,3	16,0	16,7	17,3	18,0	18,7	19,3	20,0	20,7	21,3	22,0	22,7	23,3	24,0	24,7	25,3	26,0	26,7	27,3	28,0	28,7
37	13,0	13,7	14,3	15,0	15,7	16,3	17,0	17,7	18,3	19,0	19,7	20,3	21,0	21,7	22,3	23,0	23,7	24,3	25,0	25,7	26,3	27,0	27,7	28,3	29,0
38	13,3	14,0	14,7	15,3	16,0	16,7	17,3	18,0	18,7	19,3	20,0	20,7	21,3	22,0	22,7	23,3	24,0	24,7	25,3	26,0	26,7	27,3	28,0	28,7	29,3
39	13,7	14,3	15,0	15,7	16,3	17,0	17,7	18,3	19,0	19,7	20,3	21,0	21,7	22,3	23,0	23,7	24,3	25,0	25,7	26,3	27,0	27,7	28,3	29,0	29,7

Tabulka C - Trojúhelníková koruna



Krut

Diagram D - pro průměr kmene od 0,3 do 0,5 m - Jehličnany ostatní

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností (krok B pole 13)

Koeficient materiálových vlastností - krut

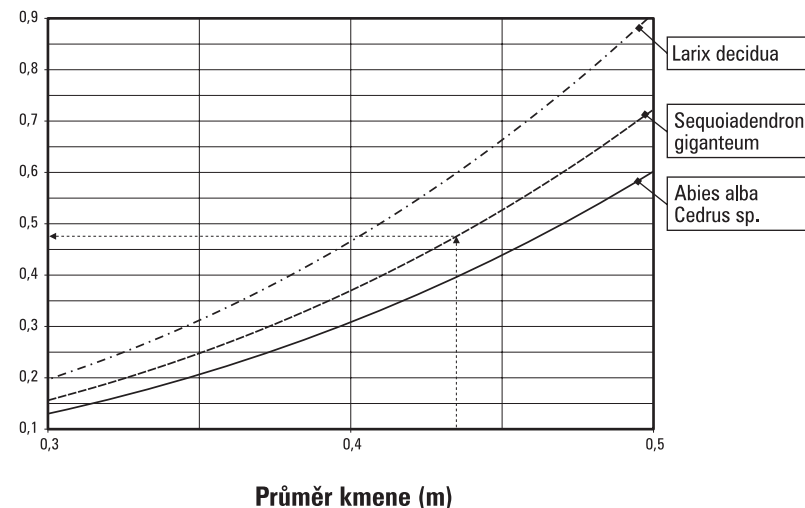


Diagram D - krut - Jehličnany ostatní

Diagram D - pro průměr kmene od 0,5 do 1,0 m - Jehličnany ostatní



Krut

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností (krok B pole 13)

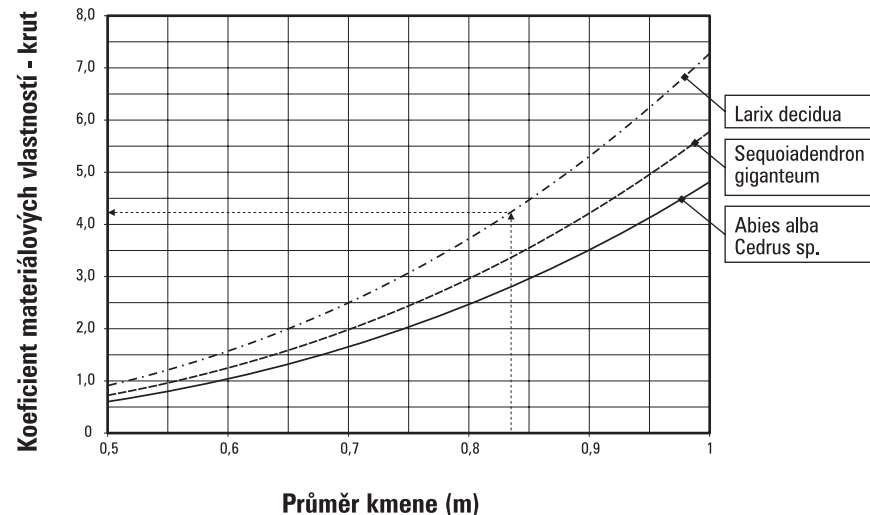


Diagram D - krut - Jehličnany ostatní



Krut

Diagram D - pro průměr kmene od 0,3 do 0,5 m - Jehličnany P

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností (krok B pole 13)

Koeficient materiálových vlastností - krut

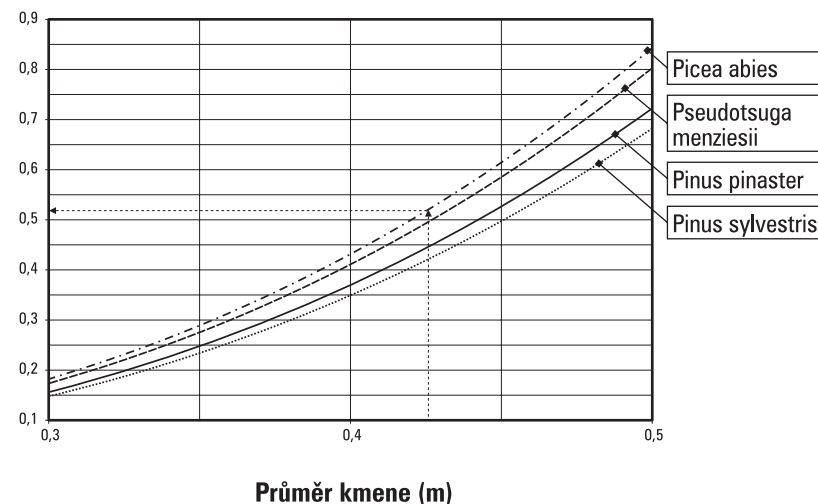


Diagram D - krut - Jehličnany P

Diagram D - pro průměr kmene od 0,5 do 1,0 m - *Jehličnany P*



Krut

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 13)

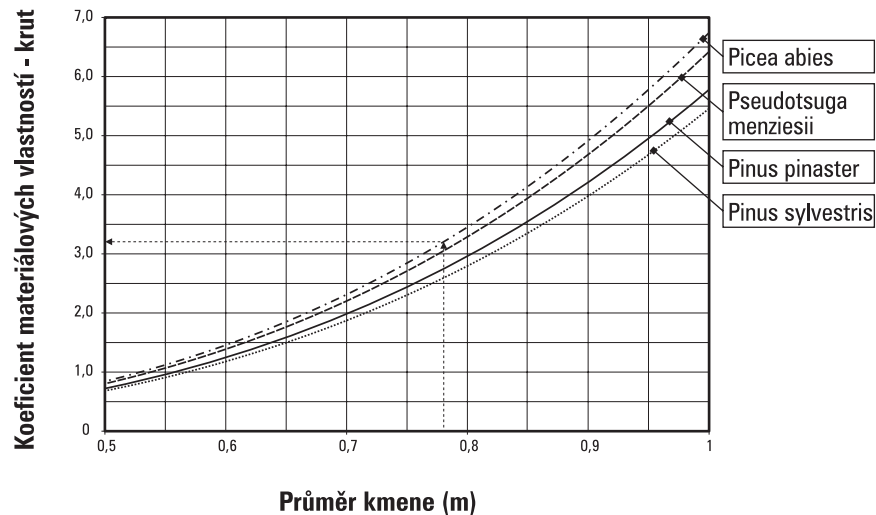


Diagram D - krut - *Jehličnany P*

Diagram D - krut - *Listnáče A*

Diagram D - pro průměr kmene od 0,3 do 0,5 m - *Listnáče A*



Krut

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 13)

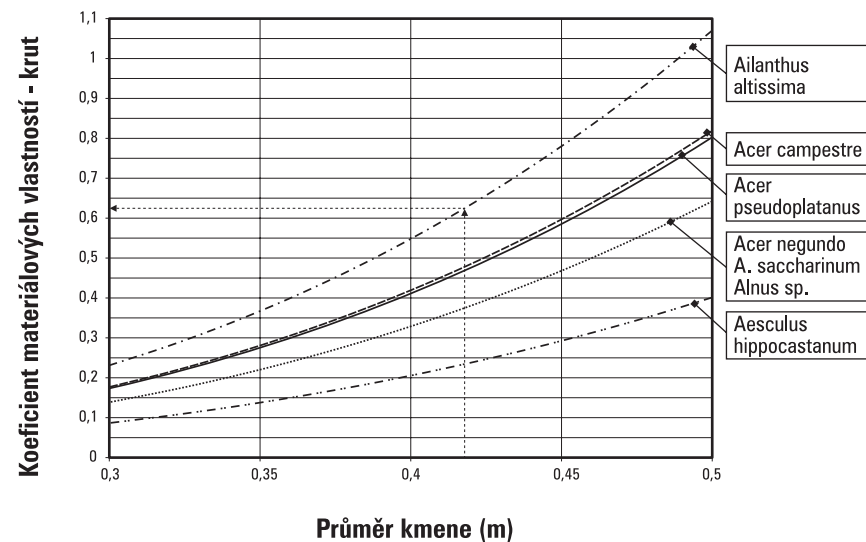


Diagram D - pro průměr kmene od 0,5 do 1,0 m - *Listnáče A*



Krut

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 13)

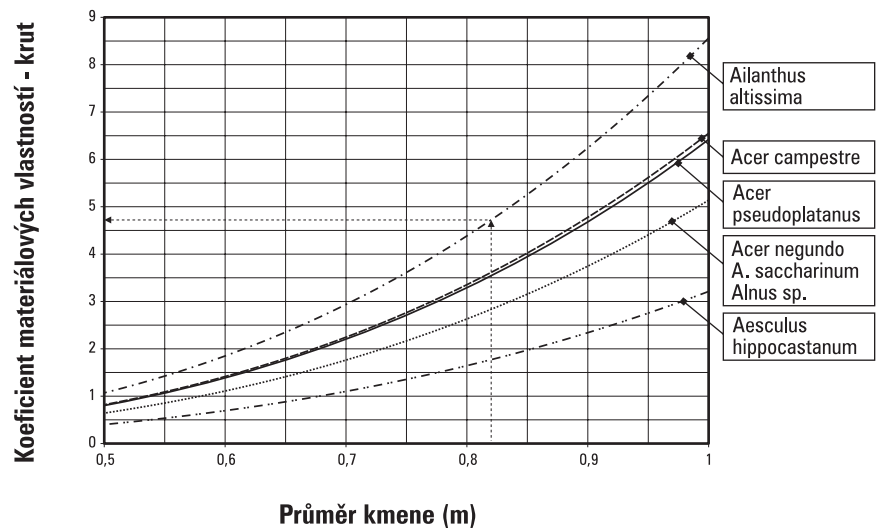


Diagram D - krut - *Listnáče A*

Diagram D - krut - *Listnáče B*

Diagram D - pro průměr kmene od 0,3 do 0,5 m - *Listnáče B*



Krut

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 13)

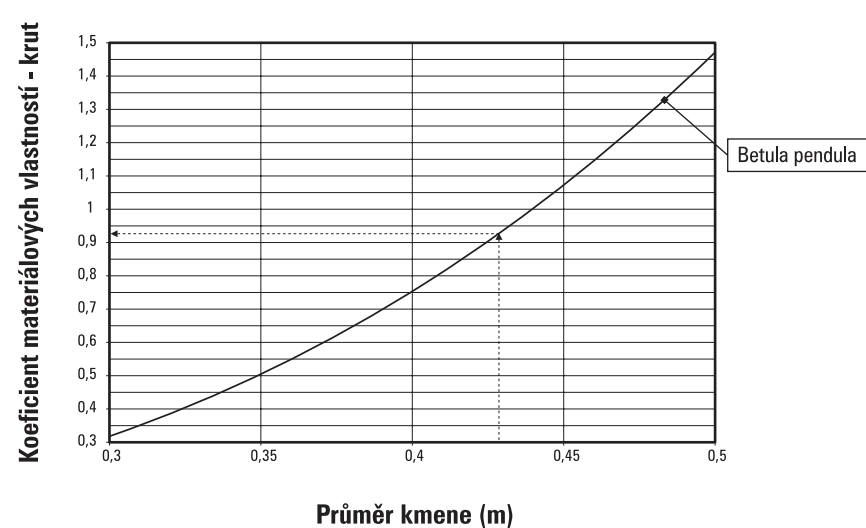


Diagram D - pro průměr kmene od 0,5 do 1,0 m - Listnáče B



Krut

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 13)

Koeficient materiálových vlastností - krut

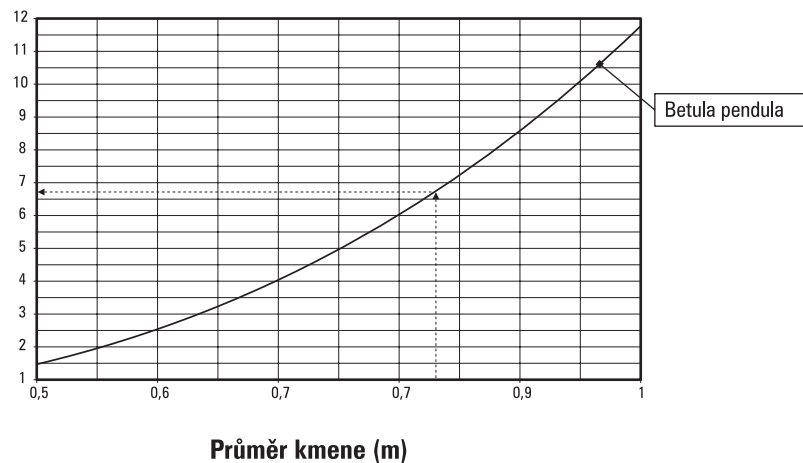


Diagram D - krut - Listnáče B

Diagram D - krut - Listnáče C-F



Krut

Diagram D - pro průměr kmene od 0,3 do 0,5 m - Listnáče C-F

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 13)

Koeficient materiálových vlastností - krut

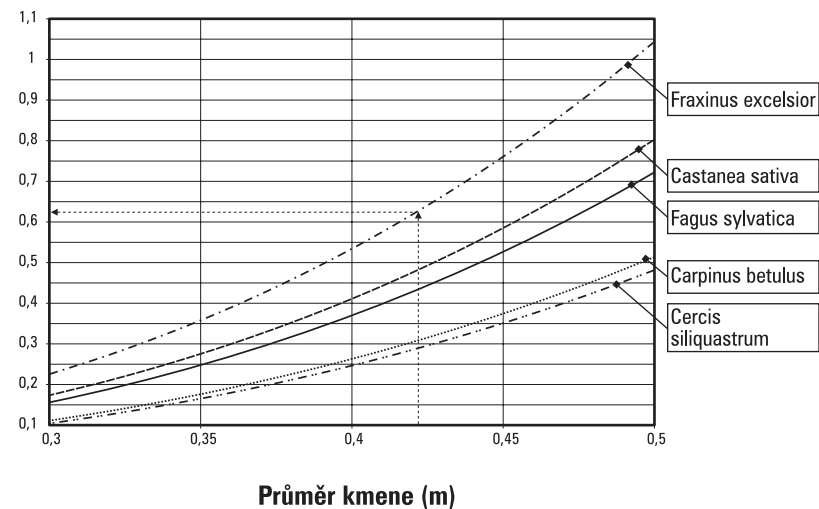


Diagram D - pro průměr kmene od 0,5 do 1,0 m - Listnáče C-F



Krut

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 13)

Koeficient materiálových vlastností - krut

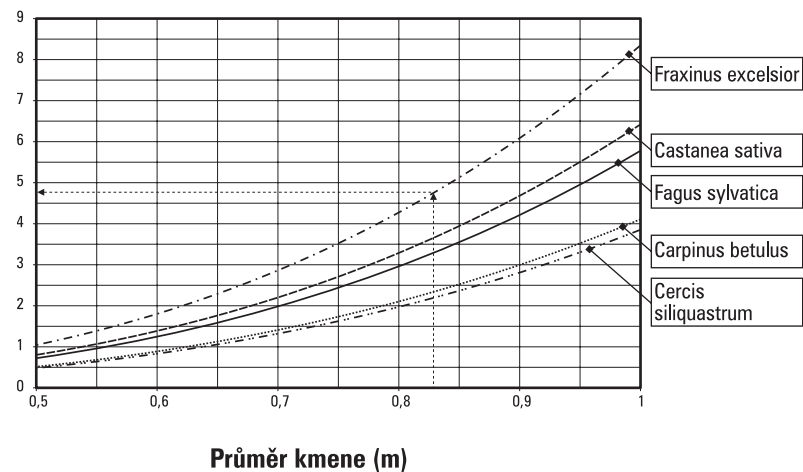


Diagram D - krut - Listnáče C-F

Diagram D - krut - Listnáče G-O



Krut

Diagram D - pro průměr kmene od 0,3 do 0,5 m - Listnáče G-O

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 13)

Koeficient materiálových vlastností - krut

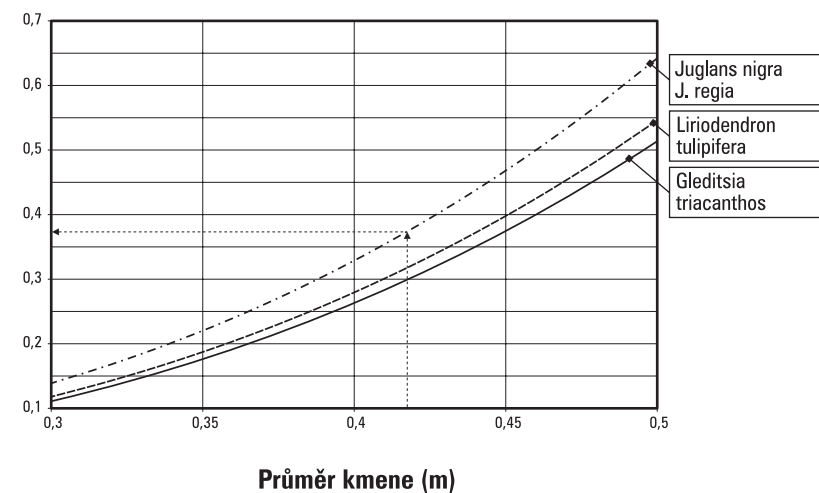


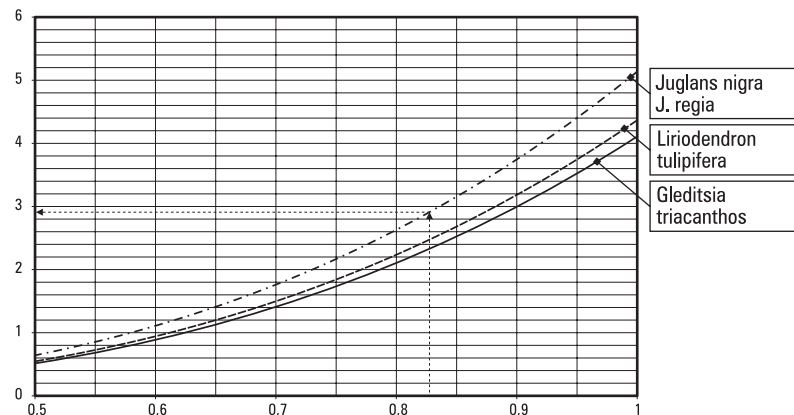
Diagram D - pro průměr kmene od 0,5 do 1,0 m - Listnáče G-O



Krut

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 13)

Koeficient materiálových vlastností - krut



Průměr kmene (m)

Diagram D - krut - Listnáče G-O

Diagram D - krut - Listnáče P

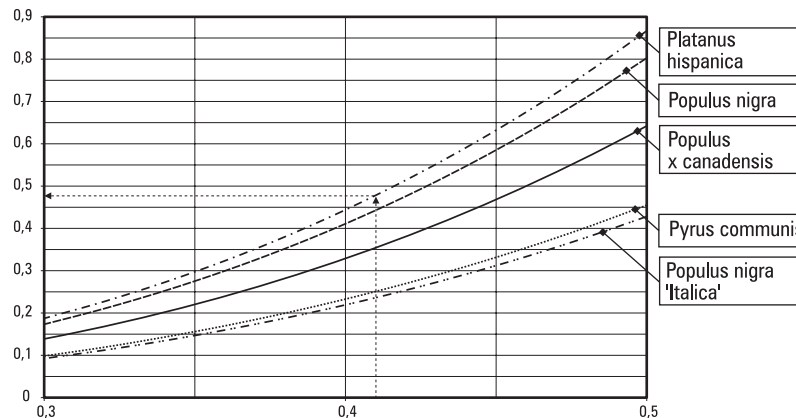


Krut

Diagram D - pro průměr kmene od 0,3 do 0,5 m - Listnáče P

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 13)

Koeficient materiálových vlastností - krut



Průměr kmene (m)

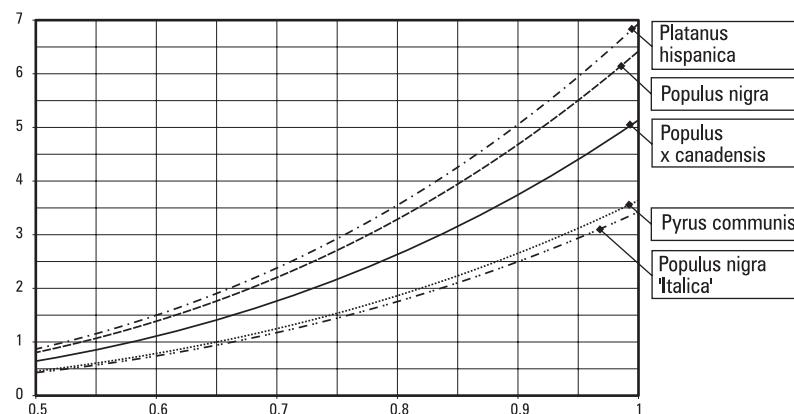
Diagram D - pro průměr kmene od 0,5 do 1,0 m - Listnáče P



Krut

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 13)

Koeficient materiálových vlastností - krut



Průměr kmene (m)

Diagram D - krut - Listnáče P

Diagram D - krut - Listnáče Q-R

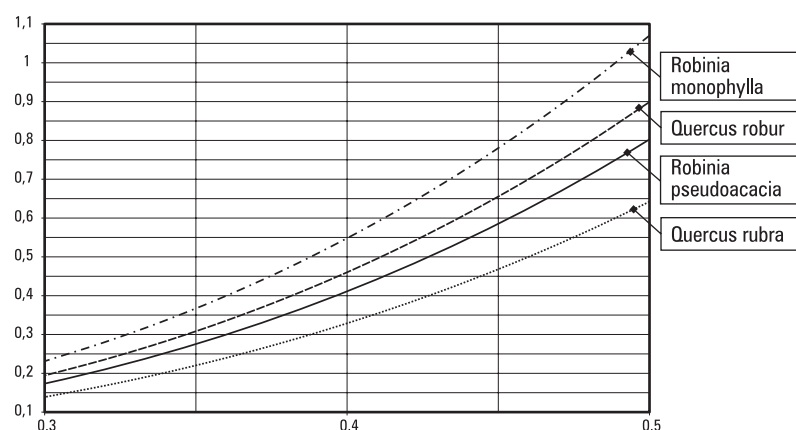


Krut

Diagram D - pro průměr kmene od 0,3 do 0,5 m - Listnáče Q-R

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 13)

Koeficient materiálových vlastností - krut



Průměr kmene (m)

Diagram D - pro průměr kmene od 0,5 do 1,0 m - Listnáče Q-R



Krut

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 13)

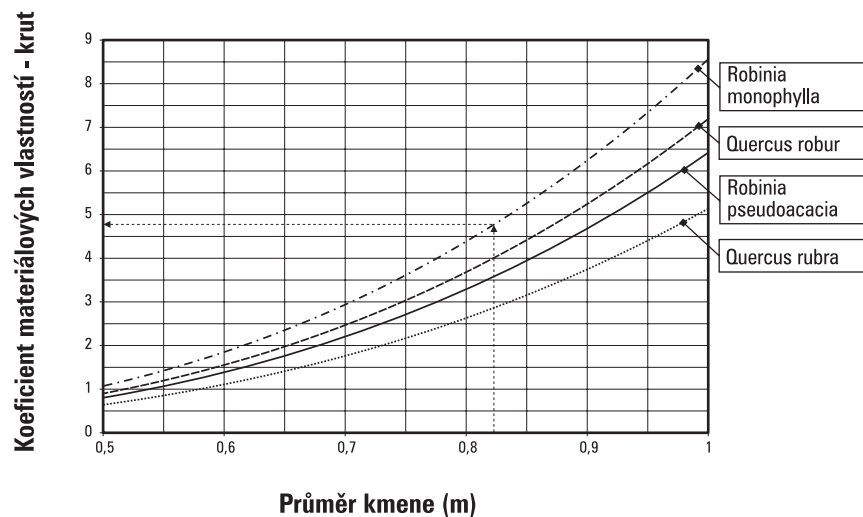


Diagram D - krut - Listnáče Q-R

Diagram D - krut - Listnáče S



Krut

Diagram D - pro průměr kmene od 0,3 do 0,5 m - Listnáče S

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 13)

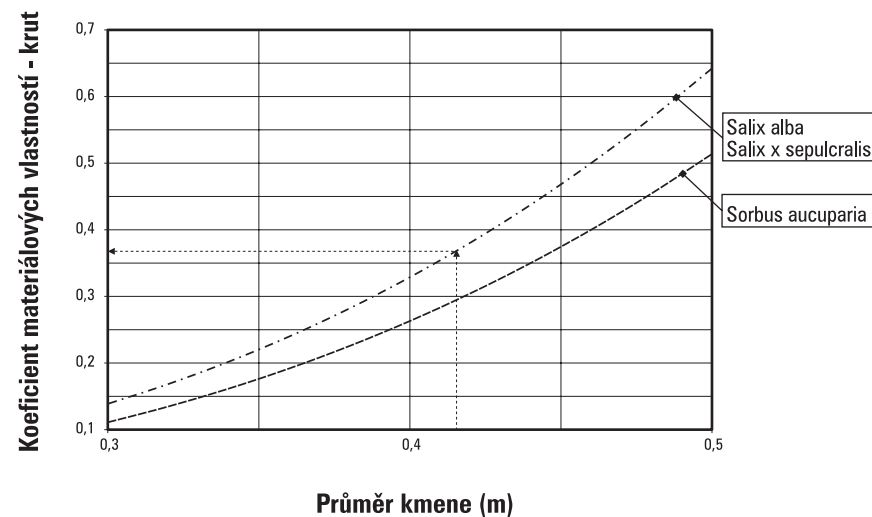


Diagram D - pro průměr kmene od 0,5 do 1,0 m - Listnáče S



Krut

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 13)

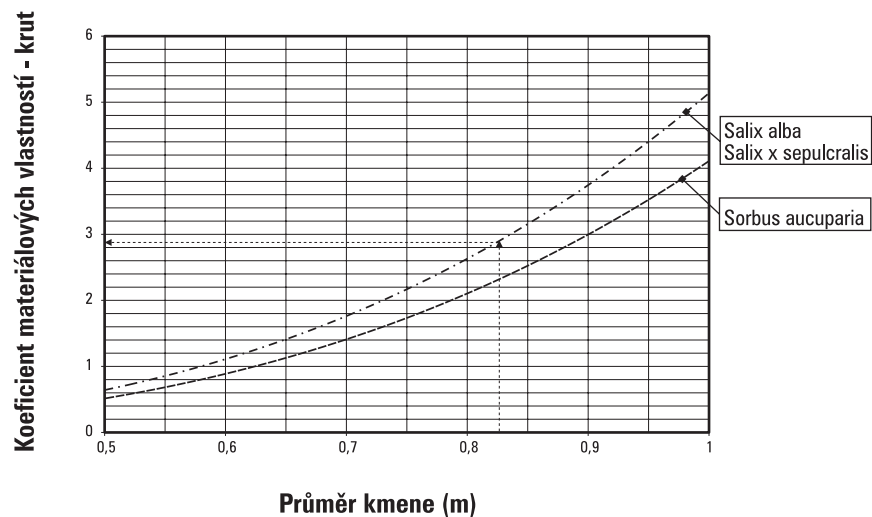


Diagram D - krut - Listnáče S

Diagram D - krut - Listnáče T-Z



Krut

Diagram D - pro průměr kmene od 0,3 do 0,5 m - Listnáče T-Z

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 13)

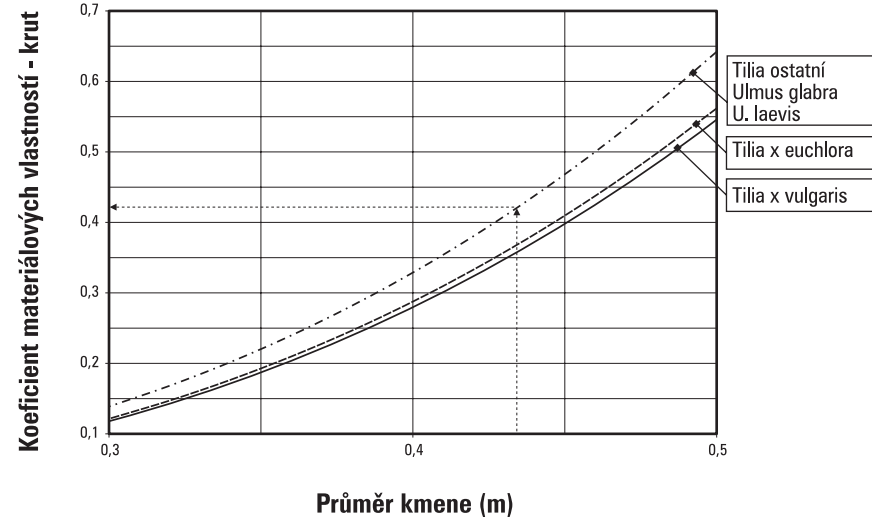


Diagram D - pro průměr kmene od 0,5 do 1,0 m - Listnáče T-Z



Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu materiálových vlastností
(krok B pole 13)

Koeficient materiálových vlastností - krut

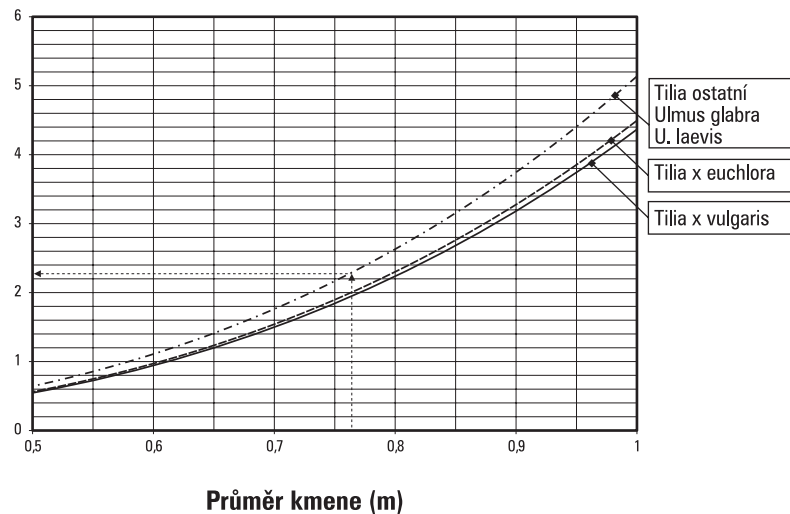


Diagram D - krut - Listnáče T-Z

Diagram E - pro koeficient zbytkové stěny od 0,0 do 0,10

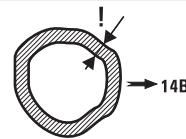


Diagram E - Pro koeficient zbytkové stěny od 0,0 do 0,10

Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu snížení pevnosti
(krok C pole 20)

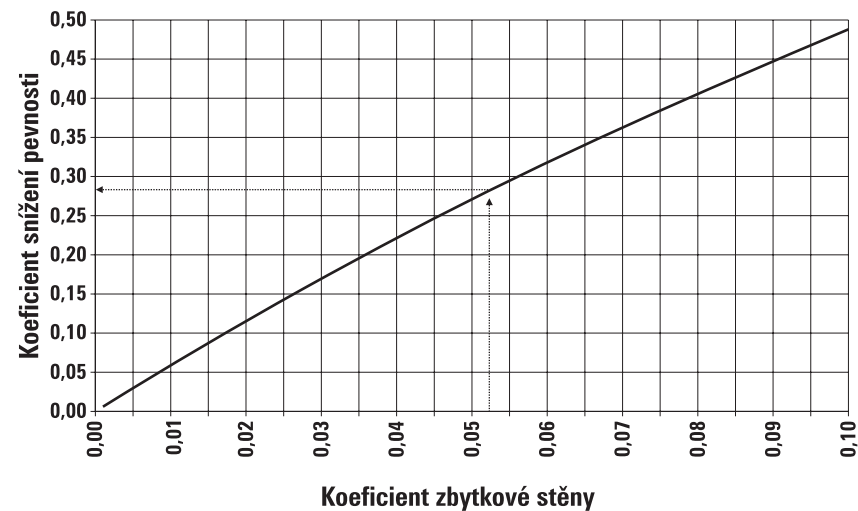
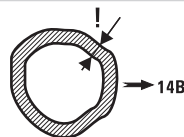


Diagram E - Pro koeficient zbytkové stěny od 0,1 do 0,40



Graf slouží k odečtení hodnoty koeficientu snížení pevnosti
(krok C pole 20)

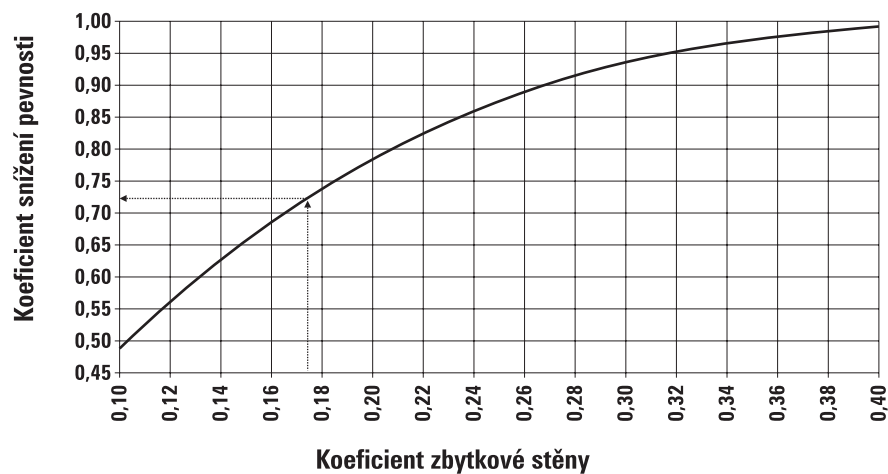


Diagram E - pro koeficient zbytkové stěny od 0,1 do 0,40

Diagram F

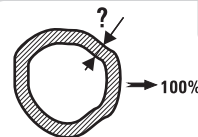


Diagram F - Pro koeficient redukce průměru kmene od 0,0 do 0,5

Pro určení poklesu odolnosti proti zlomu
(krok C pole 17)

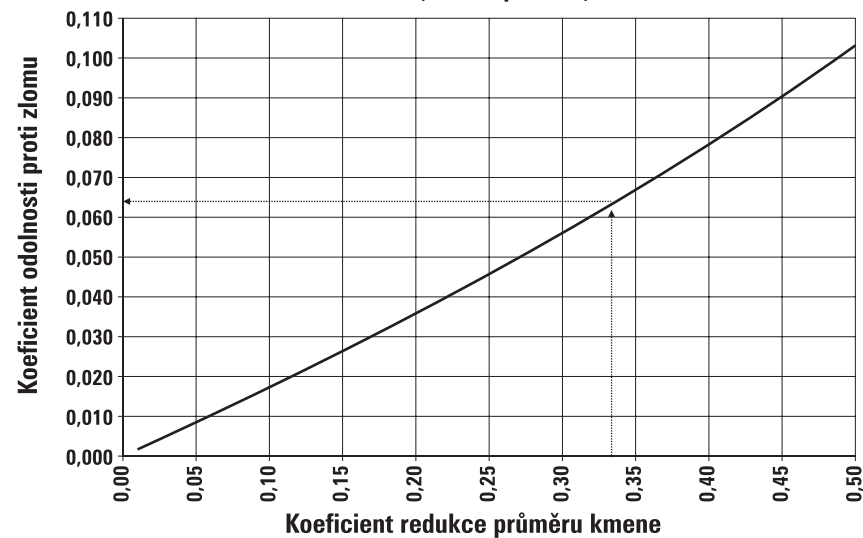
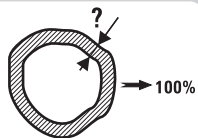


Diagram F - Pro koeficient redukce průměru kmene od 0,5 do 0,95



Pro určení poklesu odolnosti proti zlomu
(krok C pole 17)

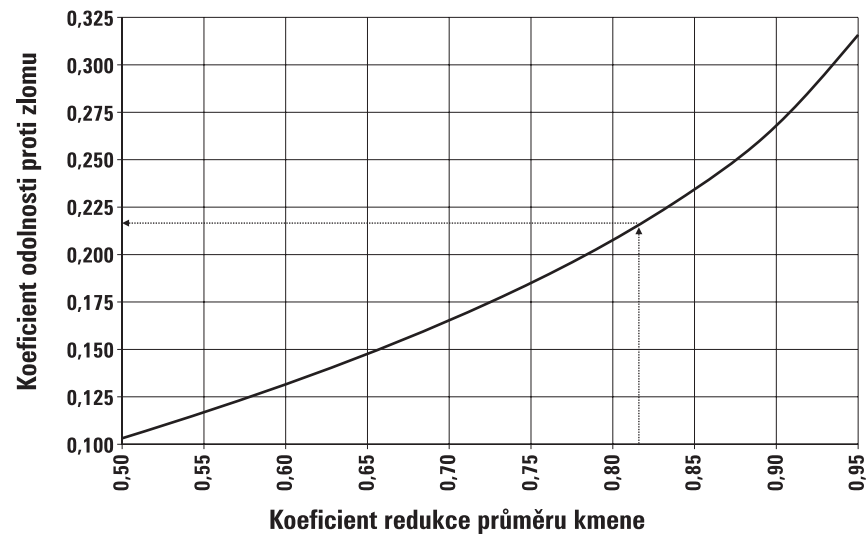


Diagram F

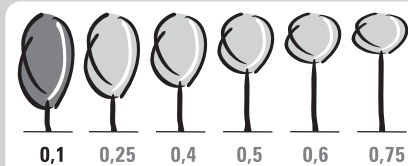


Diagram G - pro hodnotu 0,1

Graf slouží k určení koeficientu zvýšení základní hodnoty stability v závislosti na redukci koruny (Krok D, pole 15)

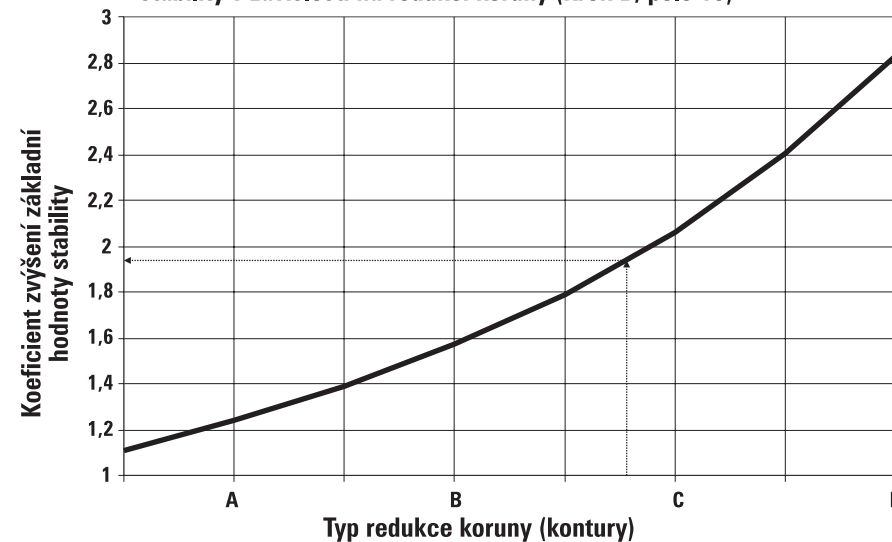
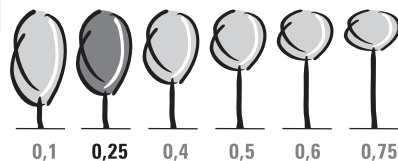


Diagram G pro hodnotu 0,1

Diagram G - pro hodnotu 0,25



Graf slouží k určení koeficientu zvýšení základní hodnoty stability v závislosti na redukci koruny (Krok D, pole 15)

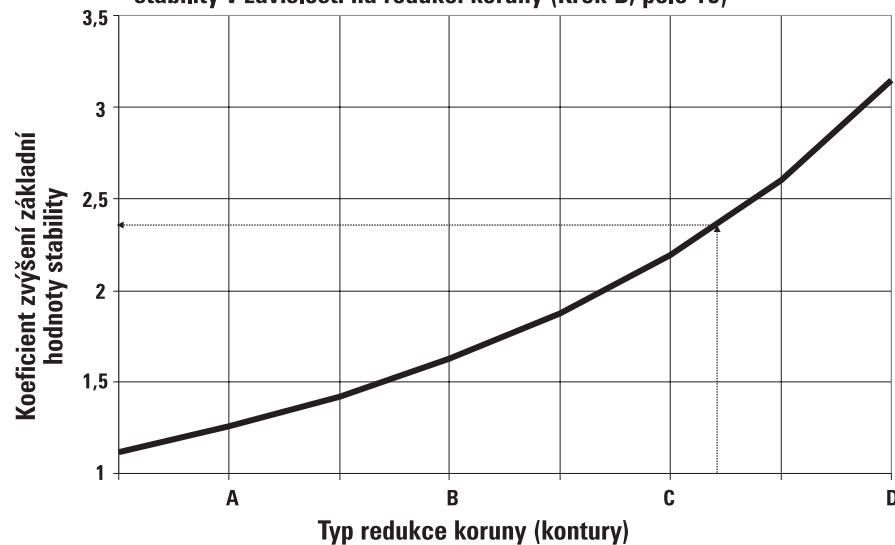


Diagram G pro hodnotu 0,25

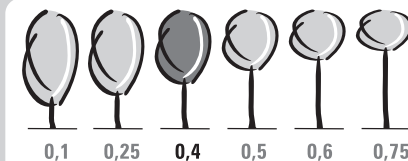


Diagram G - pro hodnotu 0,4

Graf slouží k určení koeficientu zvýšení základní hodnoty stability v závislosti na redukci koruny (Krok D, pole 15)

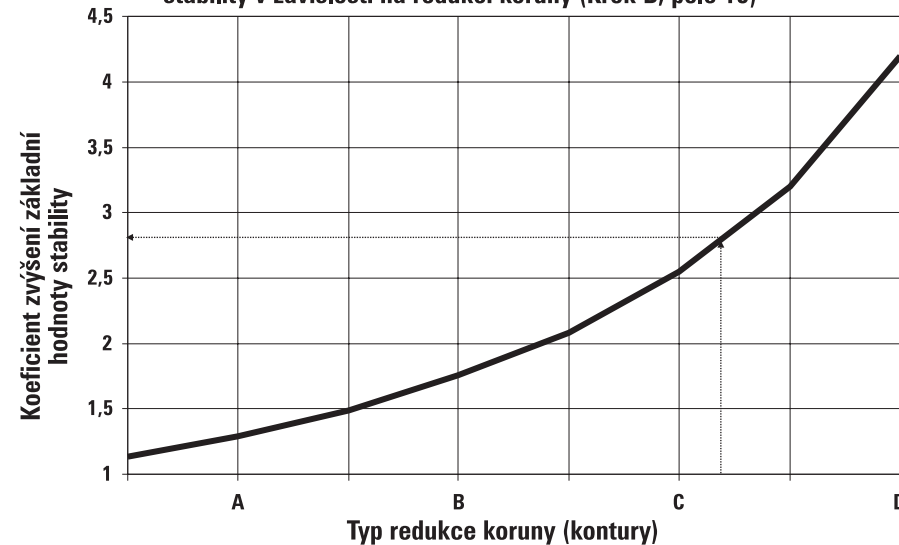


Diagram G pro hodnotu 0,4

Diagram G - pro hodnotu 0,5



Graf slouží k určení koeficientu zvýšení základní hodnoty stability v závislosti na redukci koruny (Krok D, pole 15)

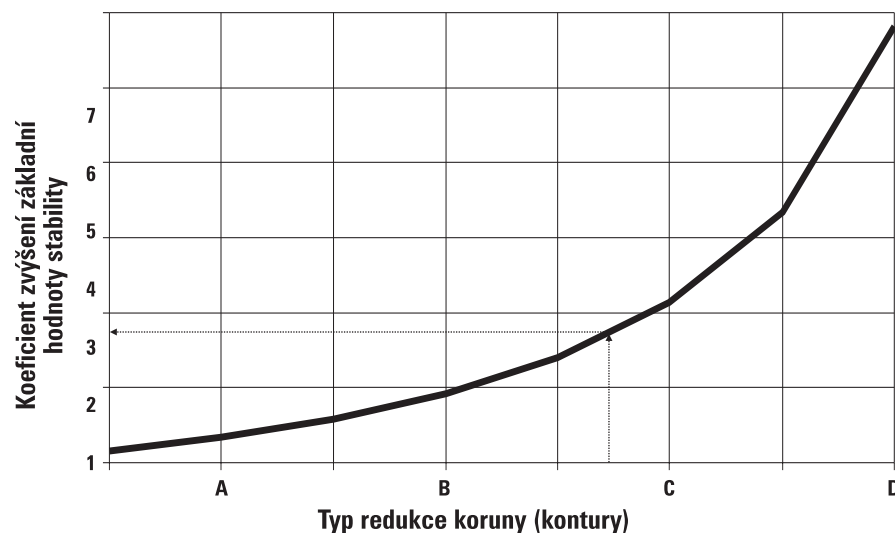
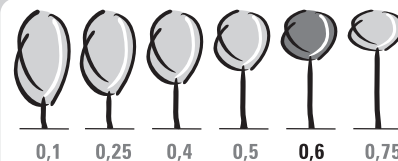


Diagram G pro hodnotu 0,5

Diagram G - ro hodnotu 0,6



Graf slouží k určení koeficientu zvýšení základní hodnoty stability v závislosti na redukci koruny (Krok D, pole 15)

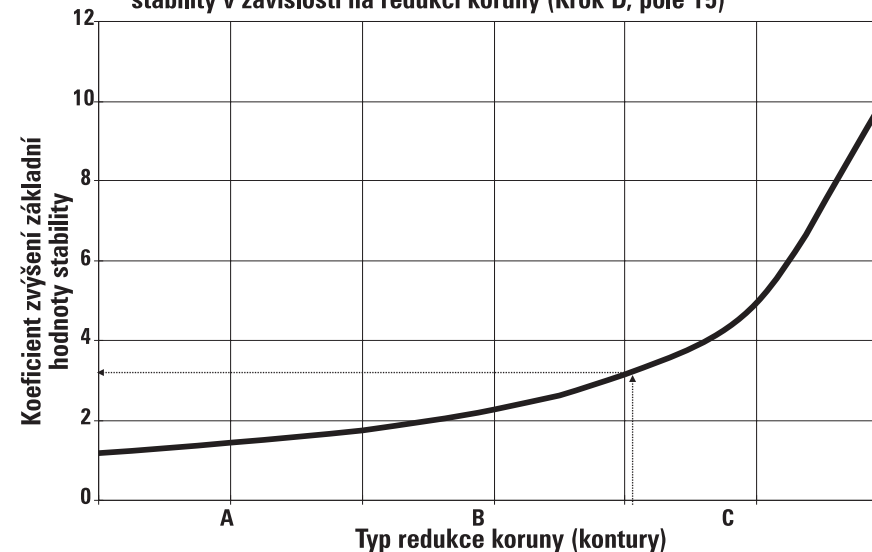
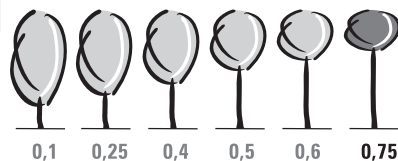


Diagram G pro hodnotu 0,6

Diagram G - pro hodnotu 0,75



Graf slouží k určení koeficientu zvýšení základní hodnoty stability v závislosti na redukci koruny (Krok D, pole 15)

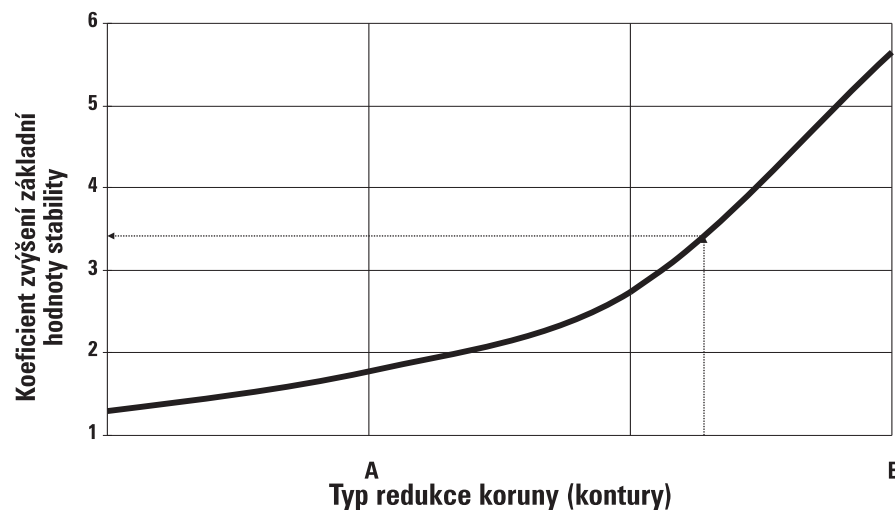


Diagram G pro hodnotu 0,75

Upozornění

- Metoda WLA analyzuje reakci soliterně rostoucích stromů na vítr o síle 12 Beaufortovy škály.
- Analyzována je výhradně odolnost stromu jako celku (tedy nikoli jeho částí) proti zlomu či ukroucení (torzi). Odolnost proti vývratu není uvažována.
- Metoda WLA představuje jeden z nástrojů profesionálního arboristy - konzultanta a měla by být využívána výhradně vyškolenými a odborně způsobilými osobami schopnými analyzovat a interpretovat její výstupy.
- Všechny uvedené hodnoty musí být měřené pomocí odpovídajícího přístrojového vybavení (průměrka, výškoměr, dálkoměr).



**Český
certifikovaný
arborista**

www.arborista.cz

© Safe Trees, s.r.o., 2007



Ústav nauky o dřevě
<http://wood.mendelu.cz/>



www.nature.cz



SAFE TREES
BEZPEČNÉ STROMY
www.bezpecnestromy.cz

Poznámky:



21. Rejstřík

- aerobní, 138
 afinita, 134
 agregát, 162
 akutní, 24, 34, 109, 113, 120
 antraknóza, 122
 apikální, 28
 arboristiky, 54, 97, 130, 140
 bakteriální výtok, 33, 60
 bariéra, 102, 123, 137, 150
 barvivo, 162
 bělové dřevo, 131, 135
 bílá hniloba, 134, 139, 154, 155, 160
binomický systém, 17
 buňka, 125, 172, 173, 175, 176, 177
 celulóza, 138
 cévice, 149
 CODIT, 33, 35, 62, 123, 136
 čeleď, 17, 131
 černě, 164, 169
 červci, 128
 deficit, 108, 149
 deformace, 31, 43, 45, 48, 49, 50, 51, 59, 86, 87, 103
 diferenciace, 44
 dormantní, 127
 druh, 16, 17, 23, 34, 73, 83, 118, 126, 132, 135, 137, 141, 144, 149, 150, 152, 153, 162, 163, 165
 dřevokazný hmyz, 62
 dutina, 61, 62, 74, 77, 153, 157, 158
 dýchání, 126
 dynamika, 25
 dynamometr, 86
 energie, 24, 29, 31, 43, 46, 48, 49, 51, 55, 66, 67, 101, 104, 109, 116, 124, 130, 138
 epidermis, 164, 172
 fasciace, 120
 fenoly, 108, 123
 fungicidy, 108, 147
 fyziologická porucha, 105
 fyziologie, 40, 101
 genus, 17
 geotropismus, 154
 gumóza, 120
 habitus, 41, 42, 44, 73
 háďátka, 143
 hnědá hniloba, 134, 139, 153, 154, 155, 159
 hniloba, 81, 113, 121, 124, 138, 139, 153, 154, 156, 157, 160, 161, 163, 164
 hodnocení, 12, 13, 14, 20, 22, 23, 25, 26, 28, 32, 33, 36, 38, 39, 41, 48, 49, 51, 54, 60, 62, 64, 70, 71, 73, 74, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 87, 94, 100, 107, 139, 181
 hodnocení provozní bezpečnosti, 12, 23, 26, 41, 60, 64, 70, 79
 hodnotit, 22, 36, 38, 71, 81, 84
 holožír, 171
 horizont, 67
 housenka, 164, 166, 168, 170
 hyfa, 125, 172, 173, 174, 175, 176, 177
 chloróza, 120
 choroba, 101, 105, 115, 122, 141, 146, 147, 148, 150
 chronický, 109, 120
 inventarizace, 14, 15, 16, 19, 94
 jádrové dřevo, 32, 121, 136
 jednoděložné, 151
 jehlice, 122, 144, 145, 164, 165
 kácení, 62, 64, 70
 kácení stromů, 62, 64
 kalus, 32
 kambium, 121, 122, 131, 158, 163
 kinetická energie, 55
 klejotok, 120
 kmen, 16, 19, 21, 26, 34, 35, 38, 42, 44, 45, 46, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 59, 60, 68, 83, 89, 91, 92, 117, 118, 122, 134, 135, 140, 147, 150, 160
 kompartmentalizace, 35, 62
 konstrukce, 20, 26, 44, 52, 59
 korní spála, 33, 110
 korovnice, 165, 168
 koruna, 25, 26, 27, 34, 38, 42, 51, 55, 59, 60, 63, 73, 77, 78, 90, 92, 107
 kořen, 45, 54
 kořenový krček, 121
 kořenový prostor, 38
 kosterní větve, 28, 92, 160
 kukla, 164
 kůlový kořen, 54
 kultivar, 16, 18, 33
 kůra, 113, 131, 150
 kůrovec, 166, 168, 169, 170

- kutikula, 114
kvalifikace, 64
larva, 164, 169
latentní, 120
léze, 120, 148, 150
lignifikace, 120
lignin, 123, 125, 131, 138, 139, 140
listová, 114
maximální pevnost, 45, 48, 51, 54
měkká hniloba, 140
meristém, 126
městsý les, 69
minování, 164
morfologie, 41, 136
mrtvé dřevo, 136
mšice, 121, 128, 165, 168
mycelium, 36, 118, 125, 126, 135, 137, 147, 160, 174, 175, 176, 177
mykorrhiza, 172, 173, 174, 175
nasazení koruny, 73
názvosloví, 16, 18, 19
nedostatek, 29, 40, 102, 107, 108, 109, 151
nekróza, 143
nomenklatura, 17
obaleč, 170
oddělení, 17, 34, 125
odolnost, 23, 26, 36, 48, 50, 71, 73, 74, 103, 104, 109, 119
odpovědnost, 184
odumírající strom, 68, 163
ochranné pásmo, 38
okrasný strom, 149
onemocnění, 23, 150, 177
opad, 110, 121
padlí, 117, 122, 125, 141, 174
parazit, 116, 135, 136, 162, 173, 174
parenchymatické buňky, 131
pařez, 92
patogen, 116, 119, 120, 123
péče, 28, 39, 40, 41, 64, 87, 101, 102, 124, 142, 143, 181, 183
pedologie, 101
pesticidy, 108
pěstované v kontejneru, 37
plodnice hub, 172
poddruh, 17
pochva, 126, 175, 177
poranění, 16, 25, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 45, 52, 62, 66, 67, 68, 80, 83, 105, 113, 114, 123, 135, 136, 150, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 161, 162, 163
porucha, 115, 151
poškození mrazem, 110
praskliny, 31, 88, 93, 110
predátor, 123
preventivní ochrana, 157
provzdušnění, 129
průduchy, 128, 144
pryskyřice, 131, 153, 156, 160, 170
příčný průřez, 59
přímé poškození, 114
přímý kontakt, 96
přírůst, 19, 21, 25, 27, 30, 43
přírůstek, 35
přísušek, 109
rána, 111, 135
reakční dřevo, 37
redukce, 28, 55, 61, 63, 66, 67, 68, 74, 75, 77, 83, 91, 108, 109, 114, 115
rez, 117, 141
rezistence, 103, 104, 107, 123, 141
rod, 17, 131, 149
rodové jméno, 18
rozvětvení, 14
řád, 17
řez, 64, 65, 66, 75, 77, 78
říše, 17, 125, 128, 131
saprofyt, 157
sekundární meristém, 126
sekundární výhon, 26, 63
síla, 29, 46, 48, 52, 55, 56, 57, 58, 86
smolotok, 120
spála, 33, 120, 144
species, 17, 179, 180, 184
stanoviště, 19, 41, 42, 46, 71, 74, 76, 77, 78, 88, 92, 109, 112, 129, 130
stres, 48, 71, 102, 103, 106, 109, 110
strom, 13, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 27, 28, 29, 31, 32, 34, 35, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 49, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 79, 80, 87, 88, 90, 91, 92, 121, 134
střídání, 46, 117, 173, 174
subspecies, 17
systémový, 43

škůdce, 102, 123, 130, 142, 164, 165, 166,
167, 168, 169, 170, 171

taniny, 123

taxon, 17, 30, 73

tíha, 58, 59

tloušťkový přírůst, 19

transpirace, 110, 111

třída, 17, 131

tvorba dutin, 153, 158

úhyn, 129

ukotvení, 54

úmrtnost, 114

úžlabí, 35, 62

vadnutí, 109, 118, 119, 120, 122, 142, 144,
148, 149, 150

varieta, 16, 17

větev, 45, 61, 135, 150

vitalita, 23, 25, 103

výmladek, 89, 91

výpar, 102

vysušení, 109

výškový přírůst, 24

vyvětňování, 29, 67

vyzrálé dřevo, 131, 133, 134

výztuhy, 54

základy, 37, 51

zakrslost, 120

zdravotní řez, 66

zhutnění, 37, 69

zhutnění půdy, 69

znak, 41

zrychlení, 14, 57, 59

žalud, 122

životnost, 23, 69, 102

Poznámky:

Ing. Jaroslav Kolařík, Ph.D. a kolektiv

ARBORISTIKA V.

SKRIPTA PRO DALŠÍ VZDĚLÁVÁNÍ V ARBORISTICE

I pro
■ střední odborné školy (zahradnické, lesnické, nebo ochrany a tvorby životního prostředí),
■ vyšší odborné školy (zahradnické, lesnické, nebo ochrany a tvorby životního prostředí)
a pro ■ vysoké školy (pro fakulty zahradnické, lesnické nebo životního prostředí)

Grafiku na přední straně obálky nakreslil Ing. Maxim Turba
Ilustrace Alena Klimešová, DiS.

Vydala roku 2008 Vyšší odborná škola zahradnická
a střední zahradnická škola v Mělníku
Na Polabí 411, 276 01 Mělník
Projektový manažer Ing. František Smýkal

Publikaci vyrobila tiskárna K + H, Pražská 530, 276 01 Mělník

První vydání vyšlo na Vyšší odborné škole zahradnické a střední zahradnické škole v Mělníku

Doc. Ing. Miloš Pejchal, CSc.

ARBORISTIKA I.

OBEČNÁ DENDROLOGIE

Ing. František Smýkal a kolektiv: Ing. Přemysl Krejčířík, Ph.D., Ing. Vítězslava Ondřejová,
Prof. Dr. Ing. Jaromír Scholz †, Ing. Josef Souček, Ing. Daniela Švédová,
Doc. Ing. Jiří Viewegh, CSc., Ing. Martin Vlasák, Ph.D.

ARBORISTIKA II.

VÝSADBY DŘEVIN

Ing. Marek Žďárský a kolektiv: Ing. Samuel Burian, David Hora, DiS.,
Ing. Jaroslav Kolařík, Ph.D., Ing. Pavel Wágner

ARBORISTIKA III.

ŘEZ STROMŮ KONZERVAČNÍ OŠETŘENÍ VÁZÁNÍ KORUN STROMOLEZENÍ KÁCENÍ PNOUCÍ DŘEVINY

Ing. František Smýkal a kolektiv: Prof. Ing. Jan Čermák, CSc.,
David Hora, DiS., Ing. Josef Kincl, Doc. Dr. Naděžda Naděždina, Prof. Ing. Alois Prax, CSc.

ARBORISTIKA IV.

OCHRANA STROMŮ POROSTŮ A PLOCH PRO VEGETACI PŘI STAVEBNÍ ČINNOSTI STROMY VERSUS STAVBY A STAVBY VERSUS STROMY LETOKRUHOVÁ ANALÝZA - DENDROCHRONOLOGIE

Ing. Jaroslav Kolařík, Ph.D. a kolektiv: Ing. Jakub Beránek, Doc. Dr. Ing. Petr Horáček, Doc.
Dr. Ing. Libor Janovský, Ing. Přemysl Krejčířík, Ph.D., Ing. Luděk Praus, Ph.D.,
Ing. Andrea Szórádová

ARBORISTIKA V.

HODNOCENÍ STROMŮ
