

Krajský úřad Středočeského kraje
ČLS, o.s., pobočka Dendrologická, Dobřichovice



POŠKOZENÍ DŘEVIN A VLIV KOŘENOVÝCH SYSTÉMŮ NA STABILITU STROMŮ

SBORNÍK REFERÁTŮ



úterý, 1. prosince 2009
Jednací sál KÚ Středočeského kraje
Zborovská 11, Praha 5

Odborný garant:**RNDr. Božena Gregorová, CSc.**

Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu
a okrasné zahradnictví, v.v.i.
Květnové náměstí 391, 252 43 Průhonice
tel.: 296 528 233, e-mail: gregorova@vukoz.cz

Organizační garanti:**Ing. Pavel Kyzlík**

pobočka Dendrologická Dobřichovice, ČLS
Na Vyhlídce 414, 252 29 Dobřichovice
mobil: 603 163 409, e-mail: cesles.dd@seznam.cz

Mgr. Iva Kubátová

pobočka Dendrologická Dobřichovice, ČLS
Nad Primaskou 22, 100 00 Praha 10
mobil: 731 576 710, e-mail: cesles.dd@seznam.cz

Vlivem měnících se životních podmínek dochází k šíření nových chorob a škůdců dřevin a často i k vzájemnému propojování účinků. Nepříznivý trend ve zdravotním stavu dřevin, jejich chřadnutí, žloutnutí, usychání má více příčin a poznávání důvodů, shromažďování poznatků a zkušeností, navrhování opatření je na pořadu. Samozřejmě se to přiměřeně vztahuje i na dřeviny lesní.

Autor souhlasí se zveřejněním svého příspěvku ve sborníku a na internetu. V případě použití kterékoli části příspěvku bude ze strany ČLS vyžadována přesná citace autora.

Texty ve sborníku neprošly jazykovou úpravou.

Technická spolupráce:**Lesnická práce, s. r. o.**

nakladatelství a vydavatelství
Zámek 1, 281 63 Kostelec nad Černými lesy
neuhferova@lesprace.cz

OBSAH

- 4 Miloš Pejchal, MZLU v Brně, Fakulta zahradnická v Lednici
Architektura kořenového systému stromu
- 10 Oldřich Mauer, Eva Palátová, ÚZPL LDF MZLU v Brně
Deformace kořenového systému a jejich vliv na stabilitu a vitalitu dřevin

ARCHITEKTURA KOŘENOVÉHO SYSTÉMU STROMU

Miloš Pejchal

MZLU v Brně, Fakulta zahradnická v Lednici

1. Úvod

Kořen je podzemní orgán bez listů, nodů a pravidelně postavených pupenů (výhony s listy se na nich tvoří pouze z dodatečně a nahodile vzniklých pupenů náhradních). Upevňuje rostlinu v zemi, přijímá vodu s živinami, slouží jako zásobní orgán, produkuje některé rostlinné hormony a je i místem symbiosy dřevin s mikroorganismy. Je to orgán heterotrofní povahy, odkázaný na přesun asimilátů z nadzemní části rostliny.

Vzhledem ke skrytosti a tím i obtížné zkoumatelnosti kořenů není jejich znalost srovnatelná s nadzemní částí. U dřevin, ve srovnání s bylinami, jejich poznání komplikují i velké rozměry kořenových systémů.

2. Nejdůležitější pojmy z anatomie a morfologie kořenového systému

U nahosemenných a dvouděložných dřevin (tedy všech u nás trvale pod širým nebem pěstovatelných stromů) se rozlišuje primární a sekundární stavba kořenu. **Primární stavba** je výsledkem činnosti primárního dělivého pletiva, lokalizovaného v kořenové špičce a kořen ji má v prvním roce své existence. **Sekundární stavba** kořenu vzniká v důsledku činnosti druhotných dělivých pletiv kambia a felogénu, vytvářet se začíná od druhého roku.

Vznik postranního kořene, který je podmínkou vzniku kořenového systému, probíhá u nahosemenných a dvouděložných dřevin prostřednictvím endogenního nebo exogenního větvení (upraveno dle Jeník, 1974). Při **endogenním větvení** se postranní kořeny založí v kořenu primární stavby a prorůstají ven. Uplatňuje se především u mladých rostlin a u kořenů vyrůstajících v ekologicky příznivém půdním prostředí. **Exogenní větvení** se uskutečňuje prostřednictvím tzv. **adventivních kořenů**. Ty vznikají na kořenu či stonku (kmen, větev) druhotné stavby, které mohou být nepoškozené nebo i poškozené; ve druhém případě se formují v hojivém pletivu zvaném **kalus**. Adventivní kořeny se dále mohou větvit buď endogenně nebo exogenně. Jejich význam stoupá jak se vzrůstajícím věkem dřevin, tak pod vlivem nepříznivých činitelů v půdě (mráz, sucho, dlouhodobé zamokření, kontakt s půdním skeletem, žír hmyzu, vliv patogenních hub, bakterií atd.). Pomocí adventivních kořenů strom nahrazuje ztracené či poškozené části kořenového systému, přizpůsobuje ho měnícím se podmínkám prostředí (např. zvýšení povrchu půdy navážkou), je takto přestavován do tvaru lépe vyhovujícího fyziologickým a mechanickým nárokům stárnoucí dřeviny, byla pozorována i jejich role při cyklické obnově kořenů jak v periferní, tak dokonce i centrální části kořenového systému. Tvorba adventivních kořenů na kmenu, v dutinách kmenu, na větvích, ale i na kořenových výmladcích a na odnožích je opět mechanismem, kterým se strom přizpůsobuje nepříznivým a měnícím se podmínkám prostředí, kterým reaguje na svůj růst a vývoj, jež mu též slouží k množení a šíření.

Kořenový systém je soubor všech kořenů jedince, bez ohledu na jejich původ (endogenní či exogenní větvení). U nahosemenných a dvouděložných dřevin ho tvoří dvě základní skupiny kořenů: kosterní kořeny a koncové kořínky (Jeník, 1957, 1960, 1974; Köstler et al., 1968). **Kosterní kořeny** jsou pokročile druhotně ztlustlé kořeny, které ztratily schopnost aktivní sorpce a jejich převažující funkcí je statické zakotvení stromu, vedení živin a asimilátů a shromažďování zásobných látek. Soustava těchto kosterních os se nazývá **kostra kořenového systému**. Kosterní kořeny jsou diferenciovány na **vodorovné (horizontální) kořeny**, nacházející se blízko povrchu a probíhající víceméně paralelně s ním a na **svislé (vertikální) kořeny**, vyrůstající svisle nebo

šikmo v ostrém úhlu ke svislici z báze kmenu (kořenového krčku) nebo z vodorovných kořenů. Do svislých kořenů možno zařadit: **kůlový kořen** – hlavní kořen svislé orientace, který je přímým prodloužením kmenu v půdě a většinou se vyvinul z primárního klíčného kořínku; **srdčité kořeny** – vyrůstají z boku nebo spodní strany báze kmenu a pronikají víceméně šikmo do hloubky; **kotevní kořeny** – z vodorovných kořenů vyrůstající a svisle nebo šikmo do půdy pronikající kořeny. Za **koncové kořínky** jsou označovány kořenové osy, které jsou doposud ve stadiu primární stavby nebo právě v počátcích druhotného tloustnutí a schopné přijímat vodu a živiny. V praxi často mylně označovány jako kořenové vlášení, kterým jsou ve skutečnosti prostým okem jen těžko viditelné vychlípeniny pokožky koncových kořínků. Tyto kořínky lze rozdělit na dvě skupiny. První je označována jako **ztlustlé (prodlužovací) koncové kořínky**, nachází se na periférii kořenového systému a jsou mnohem vzácnější než následující typ koncových kořínků. Jsou to praví pionýři rhizosféry, přizpůsobení i pro nepříznivé části půdního prostoru (zamokření, nedostatek kyslíku, nedostatek živin). Schopné dlouhodobé existence. Druhotným tloustnutím se z nich postupně vytváří kosterní kořeny. Druhá skupina, tzv. **koncové kořínky omezeného růstu**, nazývané také občas jako vyživovací či sací kořínky, se nachází především v horních vrstvách půdy a je lokalizována obvykle po celé ploše kořenového systému. Jejich existence omezena na jeden až několik málo roků.

3. Architektura kořenového systému stromu

Analogicky s definicí architektury nadzemní části stromu (Hallé, 1978) je možné i architekturu kořenového systému označit za viditelný morfologický výraz způsobu jeho uspořádání, jež je dán především diferenciací, větvením, orientací a lokalizací kořenů.

3.1. Klasifikace architektury

Jsou s ní nemalé problémy. Vedle již v úvodu naznačené obtížnosti zkoumání kořenových systémů dřevin je to dáno i jejich velkou proměnlivostí v čase (během života jedince) a v prostoru (rozmanitost stanovištních podmínek). Nepříznivé vlivy stanoviště v mnoha případech geneticky dané vlastnosti jedince, zvláště staršího, výrazně překrývají. Z tohoto důvodu je obtížné poznat „normální“ kořenový systém. Proto mají jakékoliv údaje o něm bez konkretizace stanoviště a stáří dřevin jen omezenou hodnotu!

Tradiční, ve střeoevropské praxi doposud nejčastěji používaná klasifikace vychází z charakteru kostry kořenového systému v jeho centrální části (především Köstler et al., 1968). Pro typizaci kořenového systému jako celku se však lépe hodí třídění dle prostorového rozdělení kořenové masy, jež navrhli Kutschera et Lichtenegger (2002). Pro použití podrostových rostlin v kořenovém prostoru stromů může mít význam i klasifikace hustoty kořenového systému. Především pro vědecké účely může mít někdy význam i typizace dle vzniku kořenů (např. Kutschera et Lichtenegger, 2002; Pejchal, 2004).

3.1.1. Třídění dle charakteru kostry kořenového systému v jeho centrální části

Vymezeny následující tři základní typy kořenového systému (Köstler et al., 1968; Kutschera et Lichtenegger, 2002): **a) Kůlový**, v jehož obraze dominuje především silný kůlový kořen a dále pak kořeny vodorovné, z nichž později vyrůstá větší či menší množství kořenů kotevních. Tento kořenový systém mají v prvních letech života (obvykle ještě bez kotevních kořenů) semenáče prakticky všech stromů! Teprve později u mnohých z nich kůlový kořen krní až odumírá a vytváří se tak „normální“ typ kořenového systému. **b) Srdčitý**, kterého charakter určují kořeny srdčité. Kůlový kořen chybí, popřípadě jen málo vyvinutý. Vodorovné kořeny bývají méně výrazné a brzy se větví. Protože je časné větvení typické i pro kořeny srdčité, je prokořenění půdy obvykle intenzivnější a tloušťka kořenů klesá se vzdáleností od kmenu výrazněji než u ostatních dvou kořenových systémů. **c) Kotevní (talířovitý)**, v němž mají dominantní postavení vodorovné kořeny, ze kterých s přibývajícím stářím vyrůstají víceméně svislé kotevní kořeny. Kutschera et Lichtenegger považují tento typ za více podmíněný stanovištně než geneticky. U některých dřevin, jimž je běžně přiřazován (např. *Picea abies*, *Fraxinus excelsior*) byl na hluboko prokořenitelných stanovištích zjištěn kořenový systém jiný. Řazení jednotlivých dřevin do této skupiny

v odborné literatuře je tedy třeba chápat především jako informaci o jejich kořenění na pro ně nejběžnějších stanovištích! Charakter kotevního kořenového systému může ve vyšším věku získat i původně kůlový kořenový systém tím, že jeho z báze kmenu vyrůstající vertikální kořeny odumrou, např. v souvislosti s tvorbou dutiny ve kmenu.

Typ kořenového systému u vybraných druhů stromů (upraveno dle Balder, 1998; Ehlers, 1986; Köstler et al., 1968; Kiermeier, 1996): **Kůlový:** *Abies alba*, *Carya*, *Juglans regia*, *Pinus nigra*, *P. sylvestris*, *Pyrus communis*. **Kůlový až srdčitý:** *Castanea sativa*, *Quercus petraea*, *Q. robur*, *Q. rubra*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus glabra*, *U. laevis*, *U. minor*. **Srdčitý:** *Alnus glutinosa*, *Carpinus betulus*, *Corylus colurna*, *Fagus sylvatica*, *Liriodendron tulipifera*, *Larix decidua*, *Platanus xacerifolia*, *Prunus avium*, *P. padus*, *Pseudotsuga menziesii*, *Tilia cordata*, *T. platyphyllos*, *T. tomentosa*. **Srdčitý až kotevní:** *Acer campestre*, *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *Aesculus hippocastanum*, *Betula pendula*, *Pinus strobus*. **Kotevní:** *Acer negundo*, *Alnus incana*, *Fraxinus excelsior*, *Picea abies*, *P. sitkaensis*, *Populus*, *Salix alba*, *S. fragilis*, *Sorbus aucuparia*.

S uvedenou charakteristikou jednotlivých typů kořenových systémů bývá nezdědka automaticky spojováno, že první typ je vlastní dřevinám hlubokokořenným a poslední naopak mělkokořenným. Tato představa však platí do určité míry pouze pro stanoviště neomezující výrazně rozvoj kořenů. Na nich bude pravděpodobně první skupina dřevin kořenit o něco hlouběji než poslední, ta však na těchto (mimo jiné) hlubokých půdách nebude kořenit mělce! Např. u smrku, paušálně prohlašovaného za dřevinu mělkokořennou, mohou ve zmíněných podmínkách pronikat kotevní kořeny do hloubky dvou i více metrů (Jeník, 1957; Köstler et al., 1968; Kutschera et Lichtenegger, 2002). Na druhou stranu je zřejmé, že na mělkých půdách se rozdíl v hloubce kořenění mezi oběma skupinami dřevin stírá.

Dále si je třeba v této souvislosti uvědomit, že kořenový systém dospělých dřevin je plochý a poměrně nehluboko pod povrchem půdy se rozprostírající útvar, který může výrazně přesahovat za okapovou linii koruny. I u tzv. hlubokokořenných dřevin na příznivých stanovištích se velká většina kořenové masy nachází do hloubky 1 m, přičemž největší část je soustředěna zpravidla do horních 0,4 m (např. Rachtejenko, 1952). Důvodem těchto poměrů je především nedostatek vzduchu ve větších hloubkách. V blízkosti staveb však může někdy z různých důvodů pronikat vzduch hlouběji než v rostlé půdě. Průměr kořenového systému může být u solitér na chudých půdách (kde bývá největší) až trojnásobkem průměru koruny, někdy i větší (Meyer, 1982).

3.1.2. Třídění dle prostorového rozdělení kořenové masy

Tato vlastnost je podmíněna převážně stanovištními podmínkami. Kutschera et Lichtenegger (2002) vymezují následující typy kořenového systému: **a) Válcovitý**, s kořeny pronikajícími výrazně do hloubky ve všech jeho částech. Charakteristický pro teplé a suché oblasti s hlubokými a do velké hloubky prohrátými půdami, ve kterých srážky během vegetace zpravidla ještě dostačují k provlhčení prokořeněného půdního prostoru. **b) Obráceně kuželovitý**, s hloubkou kořenění se výrazně snižující od středu k obvodu. Na méně hluboko zahřátých, dospodu stále více vlhkých a tím se rychle ochlazujících půdách v oblasti stredoevropských kambizemí. **c) Talířovitý nebo diskovitý**, kořeny pouze mělce pod povrchem půdy. Typický především pro vyšší nadmořské výšky, kde se půdy dostatečně zahřívají jen při povrchu. Vysoko vystupující hladina podzemní vody, způsobující nedostatek kyslíku a malé zahřívání půdy, může vést také k mělkému, talířovitému prokořenění. **d) Činkovitý**, s kořeny rozdělenými do dvou víceméně zřetelně oddělených etází. Vzniká v teplejších oblastech na lehčích půdách s v létě vysychavými horními vrstvami. V suchých a teplých oblastech se vyskytuje i na půdách těžších, pokud kořeny dosáhnou spodní vlhké vrstvy; to je především případ lužních poloh. Tvoří ho obzvláště *Quercus robur*. **e) Ve tvaru písmene T (houbovitý)**, mající v centrální části malý počet nevýrazně větvených svislých kořenů, většinu biomasy tvoří mělké horizontální kořeny. Typický pro gleje.

3.1.3. Třídění dle hustoty kořenového systému

Používány **relativní kategorie: hustší – řidší**, respektive **intenzivnější – extenzivnější**. Jak pro kosterní kořeny, tak pro koncové kořínky platí, že hustota kořenění je u jehličnanů obecně nižší než u listnáčů a že dřeviny se srdčítým kořenovým systémem koření intenzivněji než druhy s kůlovým kořenovým systémem.

Hustotu kosterních kořenů u jednotlivých druhů pod korunovým prostorem charakterizují Kutschera et Lichtenegger (2002) následovně: Mezi jehličnany je nejnižší u borovice a pak u jedle, vysoká je u modřínu a nejvyšší u douglasky. Z listnáčů mají nápadně malou hustotu duby, nízká je také u ořešáku královského. Husté prokořenění vykazují jilmy, jasan ztepilý, habr a buk, mimořádně husté je u lip. Hustota prokořenění je vždy největší v blízkosti kmenu

Co se týče hustoty koncových kořínků, uvádí Köstler et al. (1968), že mezi lesnický významnými jehličnany mají nejintenzivnější prokořenění modřín a douglaska, Těmto dvěma se nejvíce blíží nejextenzivněji prokořeňující listnáče, kterými jsou duby a jilmy. Intenzivněji koření jasan, pak následuje osika a bříza. Mimořádně hustě prokořeňuje půdu v centrální části kořenového systému buk, habr, klen, mléč a lípa srdčitá, tedy opět dřeviny se srdčitým kořenovým systémem. Kutschera et Lichtenegger (2002) souhlasí s Köstler et al., že jehličnany mají podstatně menší hustotu koncových kořínků než listnáče a druhové rozdíly u této skupiny dřevin označují za malé. Zřetelněji rozeznatelné jsou dle nich naproti tomu u listnáčů. Nápadně nízkou hustotu kořenění uvádí u dubů. Spíše nízkou u *Juglans regia*, *Pyrus pyraeaster*, *Malus sylvestris*, *Robinia pseudoacacia*, *Ilex aquifolium* aj. Vysokou u vrb, olší, jasanů, *Betula pendula* a *Fagus sylvatica*.

Kutschera et Lichtenegger dále zdůrazňují, že hustota prokořenění podléhá velkým výkyvům dle stanovištních podmínek. Suchost horní vrstvy půdy, chudoba na živiny, zhutnění, špatné provětrávání, silné okyselení a malé zahřátí půdy snižují hustotu prokořenění. Nejsilnější podpůrný účinek mají na humus bohaté půdní vrstvy.

3.2. Proměnlivost architektury kořenového systému

Jak bylo již naznačeno v úvodu kapitoly 3.1., je proměnlivost kořenového systému dána jeho geneticky podmíněným vývojem v průběhu života jedince (ontogenezi) a dále pak působením stanovištních podmínek. U dřevin pěstovaných k tomu dále přistupuje jak technologie založení nebo obnovy těchto vegetačních prvků, tak způsob následné péče o ně.

3.2.1. Ontogenetický vývoj

Prakticky u všech stromů semenného původu je na samém počátku jejich existence křivý kořenový systém (viz výše). V tomto období vertikální kořeny, představované na stanovišti bez negativních vlivů (jedním) křivým kořenem, výrazně dominují v délce, tloušťce i celkové biomase nad kořeny horizontálními. Velmi brzy však nastává proces, trvající až do konce existence jedince, který je charakterizován snižováním významu kořenů vertikálních a naopak zvyšováním důležitosti kořenů horizontálních. Konkrétní příklady viz např. Pejchal (2004). Proces snižování podílu vertikálních kořenů v kořenovém systému je doprovázen i snižováním významu křivého kořenu v rámci této kategorie, a to v důsledku rozvoje kotevních nebo srdčitých kořenů. Se stoupajícím věkem se zvyšuje význam adventivních kořenů a stoupá četnost srůstů kořenů; oba jevy souvisí, mimo jiné, s adaptací kořenového systému na zvyšující se biomechanické (statické) namáhání, spojené s rozvojem nadzemní části stromu. Velmi často jsou zvýšené nároky na zakotvení stromu spojené s mohutným rozvojem kořenových náběhů a nápadným epitonním (směrem nahoru) tloušťnutím horizontálních kořenů, které tak dostávají až deskovitý charakter; jev lze vysvětlit tzv. adaptivním růstem (Mattheck et Breloer, 1993).

3.2.2. Působení stanovištních podmínek

Geneticky determinovanou architekturu kořenového systému modifikuje široká škála stanovištních faktorů, často navzájem úzce propojených a ve svém účinku obtížně rozlišitelných. Lze je rozdělit do následujících skupin:

1. Faktory ovlivňující poměr mezi kořenovým systémem a nadzemní částí

Velikost není veličina obsažená v pojmu architektura, tak jak ho definoval Hallé et al. (1968). Protože je však možnost rozvoje kořenového systému ve směru vertikálním prakticky vždy omezená, respektive víceméně konstantní, odrazí se každá změna rozsahu kořenového systému změnou poměru jeho hloubky a šířky, což je již parametr architektury. Uvedený

poměr ovlivňují především: **a) Obsah vody a živin v půdě.** Různé prameny (Köstler et al., 1968; Malek et Wawrik, 1985; Höster, 1993; Siewniak et Kusche, 1994; Balder, 1998; Kutschera et Lichtenegger, 2002) udávají, že kořenový systém představuje 1/5 až 1/3, v krajním případě až 1/2 celkové biomasy stromu. Shodují se v tom, že se snižováním obsahu vody a živin (především dusíku) se podíl kořenů zvyšuje. Meyer (1982) uvádí příklad jabloně, u které byl zjištěn v živné hlinité půdě poměr hmoty podzemní části ku nadzemní 1:2 a v chudé písčité půdě 1:1. Meyer dále udává, že na chudých písčitých půdách je u solitér průměr prokořeněného půdního prostoru třikrát a vícekrát větší než šířka koruny a na úrodných a vodou dobře zásobených půdách nepřesahuje zřetelně linii korunového okapu. **b) Zastínění koruny.** Ať už je důsledkem nízkého sociálního postavení v porostu, či důsledkem jiných příčin, způsobuje u všech stromů redukci podílu kořenového systému (Balder, 1998; Kutschera et Lichtenegger, 2002).

2. Faktory ovlivňující šíření kořenů

Ovlivňují velikost a pravidelnost kořenového systému. Omezují-li výrazně jeho hloubku, brání rozvoji, nebo i samotnému vzniku vertikálních kořenů. Tím významně determinují typ kořenového systému. Patří k nim obzvláště: **a) Hloubka zahřátí půdy.** Tato veličina a s ní související hloubka pronikání teplotních výkyvů je podstatný faktor pro hloubku kořenění (Kutschera et Lichtenegger, 2002). **b) Obsah vzduchu v půdě.** Obsah O₂ se snižuje a CO₂ zvyšuje přirozeně se vzrůstající hloubkou a i v nejpříznivějších půdách se tak vytváří hranice, pod kterou už nemohou kořeny růst. Provětrávání půdy zhoršuje nejčastěji zhutnění, překrytí neprodyšnými materiály a nadměrný obsah vody. **c) Obsah vody v půdě.** Nodostatek omezuje šíření kořenů jak ve vodorovném, tak i svislém směru. S druhým případem se je možné setkat např. na silně propustných půdách, ve kterých jsou jediným zdrojem vláhy vodní srážky (Jeník, 1957; Köstler et al., 1968; Kutschera et Lichtenegger, 2002). Nadbytek, především ve formě vysoké hladiny stojaté podzemní vody omezuje hloubku prokořenitelného prostoru. **d) Fytotoxické látky v půdě,** jako jsou např. herbicidy, posypová sůl atd. **e) Pro kořeny neprostopné materiály a vrstvy,** např. ortstein, zhutnělý jíl, beton apod. **f) Hrubý půdní skelet, pukliny v pevných horninách.** Způsobují především nepravidelnost a abnormálnost průběhu a větvení kořenů, vyvolávají jejich deformace a srůsty. Slouží však též k ukotvení dřevin; mohou k tomu být využity i pevné, tlaku kořenů neustupující části staveb. **g) Humus.** Jeho obsah má rozhodující vliv na rozložení kořenové masy v půdě a především na větvení koncových kořínků (Kutschera et Lichtenegger, 2002). **h) Výrazná diskontinuita fyzikálních a chemických vlastností mezi vrstvami či sektory půdy nebo substrátu** zpomaluje až zabraňuje šíření kořenů. Krieter (1993) zmiňuje nebezpečí tzv. květináčového efektu, který způsobuje ve výsadbové jámě nadměrně živný a fyzikálními vlastnostmi od okolní půdy zřetelně odlišný substrát. **ch) Kořenová konkurence.** V prvé řadě se vztahuje na „boj“ o vodu (Kutschera et Lichtenegger, 2002). V přírodě blízkých lesích se zmenšuje ostrost kořenové konkurence do té míry, jak se v průběhu sdružování druhů ustaví druhově specifické prostorové rozdělení kořenů v půdě; také rozdílné věkové kategorie v porostu přispívají k určitému vyvážení prostorového uspořádání kořenů v půdě (Jeník, 1957; Kutschera et Lichtenegger, 2002).

3. Faktory vyvolávající narušení, redukci či odumření stávajících částí kořenového systému

Do této skupiny patří: **a) Většina negativních faktorů uvedených v předchozím okruhu,** pokud se objevily na daném stanovišti až dodatečně. **b) Mechanické poškození** v důsledku zemních prací atd. **c) Tepelné poškození.** Povrchové kořeny může poškodit především oheň. **d) Choroby a škůdci kořenů dřevin.**

4. Faktory způsobující nerovnoměrnou biomechanickou zátěž kořenového systému

V sektoru zvýšeného namáhání dochází k intenzivnějšímu tloušťnutí kořenů. Vodorovné kořeny získávají často deskovitý charakter a vytváří se i výrazné kořenové náběhy (viz též kapitola 3.2.1.). Naznačené jevy způsobuje především: **a) Vítr,** a to na návětrné straně

stromu. **b) Prudká svažitosť terénu**, vyvolávajúcí uvedené projevy v časti kořenovom systéme smerom do svahu (Mattheck et Breloer, 1993). **c) Asymetrická koruna**, např. v dôsledku nerovnomerného osvetlenia.

3.2.3. Pěstování stromů

Je nerozlučně spjato s jejich záměrným uplatňováním. Z pohledu architektury kořenového systému je nejdůležitější technologie založení nebo obnovy a technologie následné péče o tyto rostlinné prvky. Podrobnější přehled této problematiky viz Pejchal (2004). Dosavadní poznatky lze shrnout následovně: s výjimkou několika málo lesnických nejvýznamnějších druhů stromů je informací o jednotlivých taxonech nedostatek; totéž platí i pro technologii výsadby tzv. vzrostlých stromů. Dále je možné uvést, že rozdílné způsoby množení a pěstování sazenic běžných velikostí a rozdílné způsoby jejich výsadby, tak jak se s nimi setkáváme v zahradní a krajinářské tvorbě, zřetelně ovlivňují architekturu kořenového systému – vzhledem k možnému poškození staveb – pravděpodobně jen tehdy, když způsobují výrazné deformace kořenů a tím zvyšují náchylnost stromů k vývratu (především spirálovitě stočené kořeny sazenic pěstovaných v nádobách, některé způsoby výsadby prostokořených sazenic); toto nebezpečí je však – alespoň v obecné rovině – známé a lze se mu poměrně snadno vyhnout. Výrazný vliv na architekturu kořenového systému může mít příprava stanoviště pro výsadbu, především co se týká možnosti šíření kořenů v horizontálním i vertikálním směru. Vedle plošných opatření (např. narušení pro kořeny neprostupných vrstev) může toto šíření výrazně ovlivnit úprava výsadbového místa, především ve zpevněných plochách či v jejich bezprostřední blízkosti (velikost, tvar a substrát výsadbové jámy, větrací, prokořeňovací a zavlažovací prvky, propustnost povrchů v okolí výsadbové jámy pro vodu a vzduch atd.). Zřetelný vliv může mít i údržba dřevin, především zálivka, přihnojování a zmenšování počtu jedinců ve vegetačním prvku. Jak již bylo v kap. 3.2.2.2 zmíněno, mohou vést podmínky ve výsadbové jámě výrazně příznivější pro kořeny než v jejím okolí k tzv. květináčovému efektu. Většinou je nežádoucí a lze se mu bránit jak „sladěním“ výsadbového substrátu s okolní půdou, tak hnojením a závlahou pouze v nezbytně nutném rozsahu (podrobněji např. Pejchal, 1995). Princip květináčového efektu lze ovšem do určité míry využít i k vedení kořenů do prostoru, kde nemohou škodit (viz kapitola 5.4.).

4. Vybrané aspekty významu kořenového systému pro použití stromů v sídlech

4.1. Potřebná velikost prokořenitelného prostoru

Je výsledkem složitého vztahu mezi geneticky podmíněnými vlastnostmi stromu a vlastnostmi daného stanoviště. Pro potřeby praxe byly v minulosti vypracovány pomůcky, které v tomto směru poskytují hrubé orientační údaje (Ehsen, 1990): a) na m^2 projekční plochy koruny potřebuje strom $0,75 m^3$ prokořeněného objemu půdy; b) potřebný objem kořenového prostoru odpovídá 1/10 objemu koruny. Pro strom s 12m širokou kulovitou korunou činí potřebný kořenový prostor v prvním případě asi $86 m^3$, což je při hloubce prokořenění 0,8m (v uličním prostoru reálný údaj) plocha přibližně $106 m^2$, v druhém případě pak asi $68 m^3$, čemuž při stejné hloubce prokořenění odpovídá plocha přibližně $85 m^2$. Oba ukazatele vychází ze studia vodního režimu stromů a z předpokladu absence zálivky v průběhu vegetace. Byly vypracovány pro průměrná stanoviště v humidním přímořském klimatu Holandska a jižní Anglie, v našich kontinentálnějších podmínkách budou proto nároky na prostor o něco větší. U prvního údaje si je třeba uvědomit i jeho omezenou použitelnost u taxonů s výrazně štíhlou korunou.

4.2. Poškození staveb kořeny stromů

Poškození stavby kořeny stromů je výsledek spolupůsobení mnoha faktorů, mezi které patří především vlastnosti stromu (druh, stáří, fyziologická i biomechanická složka vitality, provozní bezpečnost, architektura kořenového systému daného jedince, především ve směru ke stavbě), vlastnosti stanoviště (zvláště půda), vzdálenost stromu od stavby a v neposlední řadě i vlastnosti (nedostatky) vlastní stavby; z tohoto důvodu jsou někdy škody rozdělovány na „primárně podmíněné nedostatky stavby“ a na „primárně podmíněné rostlinami“ (Mahabadi, 2004). Dle mechanismu vzniku škod lze hovořit o škodách přímých a nepřímých.

4.2.1. Škody přímé

Jejich podstatou je přímé, především mechanické působení stromů na stavby (zdi, povrchy cest, chodníků a obdobných ploch, inženýrské sítě; specifická otázka ozeleňování střech není dále zmiňována).

Tyto škody můžeme dále rozdělit na: **a) Mechanické narušení (druhotným) tloušťnutím kořenů**, které buďto vrostly do spár, trhlin, spojů atd., nebo se nachází těsně vedle stavby či pod ní. Výrazné účinky mají především báze kořenů a tzv. kořenové náběhy, tlak na stavbu (včetně inženýrských sítí) významně vzrůstá, má-li kořen z druhé strany pevnou oporu, např. kámen (Balder, 1998, 2004; Mattheck et Bethge, 1996a,b; Reichwein, 2002).. **b) Mechanické narušení přenášením větrné zátěže nadzemní části stromů kořeny**, jež jsou v těsném kontaktu se stavbou. K tomuto typu poškození dochází také u pevných a tlaku kořenů neustupujících inženýrských sítí (plyn a vodovod), jež některé stromy využívají jako oporu k ukotvení (Balder, 1998, 2004; Mattheck et Bethge, 1996a,b; Heidger et Krücken, 2005). **c) Mechanické narušení působením kořenových výmladků**, projevující se především u některých površích cest, chodníků a obdobných ploch (Balder, 1998, 2004). Hlavní účinek tohoto „produktu“ kořenového systému však vyvolává růst jeho nadzemní části. **d) Ucpání kanalizace** do ní vrostlými kořeny. Bývá spojeno i s mechanickým narušením potrubí tloušťnucími kořeny.

4.2.2. Škody nepřímé

Vznikají odebráním vody ze základového podloží tvořeného objemově nestálými zeminami, jež se v důsledku toho zřetelně smršťují. O možném negativním působení stromů v tomto směru nelze pochybovat. V praxi však nejsou zcela ojedinělé případy, kdy se postupuje podle schématu „podezření = odsouzení“.

Důvody pro toto tvrzení lze shrnout následovně (upraveno a doplněno dle Sinn, 1998 a Grütters, 2001): **a) Chybí příslušná analýza půdy v relevantním prostoru**. Jednorázová analýza současného obsahu vody v půdě bez znalosti „původní“ hodnoty a minerálního složení půdy nemusí mít dostatečnou vypovídací schopnost. **b) Chybí analýza kořenového systému v daném prostoru**. Přesto se často hovoří o odnímání vody kořeny ze základového podloží. Na těchto těžkých půdách je přitom hloubka kořenění přirozeně poměrně malá a výskyt kořenů přímo pod základy stavby – jak se někdy uvádí – málo pravděpodobný. **c) Část vody je v jílovitých půdách pro dřeviny nepřístupná**, přesto tuto skutečnost příslušná dobrozdání mnohdy nereflektují, např. tak, že by konfrontovaly aktuální obsah vody s tím, který jsou v dané půdě schopné dřeviny využít. **d) Nejsou dostatečně analyzovány možné důvody poškození vyplývající z vlastností samotné stavby a základového podloží**.

4.2.3. Ochrana staveb před poškozením kořeny stromů

Lze využít následující možnosti a kombinace: druhu stromu, vzdálenost stromu od stavby, oddělovací stěny, řízení růstu kořenů, stavby odolné vůči poškozování kořeny (tomuto aspektu nebude dále věnována pozornost).

Druh stromu

Přestože stanoviště často výrazně modifikuje geneticky dané vlastnosti kořenového systému stromů, nestírá tato skutečnost určité rozdíly mezi jednotlivými druhy. Vhodný výběr tak může významně snížit pravděpodobnost poškození.

K nejvýznamnějším údajům z této oblasti patří výsledky šetření několika tisíc případů poškození budov v jihovýchodní Anglii a v Londýně (Tabulka 1), podávající obraz o vzdálenostech, na které kořeny jednotlivých stromů poškozují svými kořeny stavby (budovy a inženýrské sítě). Vedle maximální vzdálenosti uvedena i maximální vzdálenost pro 90 % zjištěných případů, tedy údaj „očistěný“ od 10 % případů s největší zjištěnou vzdáleností, jež realističtěji naznačuje normální poměry.

Tab. 1: Škody způsobené kořeny dřevin na budovách a inženýrských sítích (Cutler aj., 1989 ex Balder, 1998)

Druh stromu	Max. zjištěná vzdálenost (m)	Max. zjištěná vzdálenost v 90% případů (m)
<i>Acer sp.</i>	20	12
<i>Aesculus hippocastanum</i>	23	15
<i>Betula sp.</i>	10	8
<i>Carpinus betulus</i>	17	-
<i>Crataegus sp.</i>	11,5	8,7
<i>Fagus sylvatica</i>	15	11
<i>Fraxinus excelsior</i>	21	13
<i>Malus sp., Pyrus sp.</i>	10	8
<i>Platanus sp.</i>	15	10
<i>Populus sp.</i>	30	20
<i>Prunus sp.</i>	11	7,5
<i>Quercus sp.</i>	30	18
<i>Robinia sp.</i>	12,4	10,5
<i>Salix sp.</i>	40	18
<i>Sorbus intermedia</i>	11	9,5
<i>Sorbus aucuparia</i>	11	9,5
<i>Tilia sp.</i>	20	11
<i>Ulmus sp.</i>	25	19
<i>Chamaecyparis sp.</i>	20	5
<i>Pinus sp.</i>	8	-

Schopnost poškozovat asfaltové povrchy komunikací a obdobných ploch uvádí von Ehren (1997) in Balder (1998); výčet vždy začíná „nejagresivnější“ taxon. Druhy působící škody na okrajích těchto povrchů: *Quercus robur*, *Fagus sylvatica*, *Fraxinus excelsior*, *Ulmus minor*. Druhy podrůstající pod povrchy (a poškozující je i ve větší vzdálenosti od okraje): *Populus sp.*, *Salix alba*, *Betula pendula*, *Robinia pseudoacacia*, *Pinus sylvestris*, *Acer saccharinum*.

Na základě asi 100 výkopů v Mönchengladbachu bylo zjištěno, že jako oporu k zakotvení využívá vodovodní a plynové potrubí především *Platanus*. Zjištěno to bylo i u *Acer pseudoplatanus*, *Populus nigra* 'Italica' a *Cedrus atlantica* 'Glauca' (Heidger et Krücken, 2005). Jak velké nebezpečí tato skutečnost znamená nelze zatím jednoznačně zodpovědět.

Za stromy s kořeny nejagresivněji pronikajícími do kanalizace jsou označovány topoly (*Populus sp.*) a vrby (*Salix sp.*) (např. Balder, 1998), dle švédských zkušeností (Schröder, 1995) k nim patří ještě jilmy (*Ulmus sp.*). Freytag (2001) jmenuje mezi druhy často pronikajícími do kanalizace ještě *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior* a *Quercus robur*.

Vzdálenost stromu od stavby

Velmi úzce souvisí s výběrem druhu stromu (viz Tabulka 1). Se vzrůstající vzdáleností se pravděpodobnost škod snižuje.

Oddělovací stěny

Balder (1998, 2004) uvádí, že celkově je účinek závislý jak od jejich vlastností, tak především od způsobu uložení. Stěna by měla zasahovat nad a pod prokořenitelný prostor, také spáry ani jiné spoje nesmí otevírat kořenům cestu. Dle téhož autora byly v praxi doposud použity stěny z následujících materiálů: vodonepropustné a kořenům odolné fólie, vodopropustné geotextilie, betonové a umělohmotné desky (prefabrikáty) a tkané textilie z umělohmotných pruhů. „Posledně jmenovaný materiál agresivní kořeny rychle prorůstají. Fólie, stejně jako betonové a umělohmotné desky jsou v praxi považovány za poměrně stabilní, ale byly popsány příklady

proniknutí kořenů jako důsledek mechanického poškození či narušení UV paprsky. Dle dosavadních pozorování plní novodobé geotextilie svůj účel při vertikálním, ne však horizontálním uložení. Účinnost výše jmenovaných materiálů však není z dlouhodobého pohledu dostatečně známá (Balder, 1998, 2004). Dlouhodobou funkčnost např. zpochybňují Heidger et Krücken (2005).

Řízení růstu kořenů

Nové přístupy vycházející z „principu nejmenšího odporu“, tedy známé skutečnosti, že se kořeny přednostně šíří v prostorech s nejpříznivějšími podmínkami (dobře provzdušněné půdy optimálně zásobené vodou a živinami, rozvoj kořenů výrazně podporuje i přítomnost organických látek, respektive humusu) a naopak se „pokud možno“ vyhýbají podmínkám nepříznivým. Jde tedy o to zajistit dostatečně velký prostor pro optimální rozvoj kořenů zřetelně oddělený, respektive „kontrastní“ od zón, kde jsou kořeny nežádoucí. Naznačené principy se dají v plné míře uplatnit jen při zakládání nových výsadeb stromů a řešení tohoto typu jsou v poslední době navrhovány a realizovány především v uličním prostoru měst (Reichwein, 2002; Heidger, 2004; Heidger et Krücken, 2005).

5. Závěr

Z výše uvedeného vyplývá, že současná znalost architektury kořenového systému u stromů významných pro zahradní a krajinářskou tvorbu není zdaleka na potřebné úrovni. Platí to především pro ty, které nejsou v centru zájmu lesníků. Problémem je i nejednotné názvosloví a nejednotné či dokonce chybné chápání obsahu některých pojmů. Cílem příspěvku bylo podhalit tuto skrytou, ale velmi důležitou část stromů.

6. Literatura

- BALDER, H. Die Wurzeln der Stadtbäume. Berlin: Parey Buchverlag, 1998. 180 s.
- BALDER, H. Schäden durch Wurzeln und mögliche Gegenmaßnahmen. Gartenpraxis, 2004, č. 6, s. 35 – 40.
- EHLERS, M. Baum und Strauch in der Gestaltung und Pflege der Landschaft. Berlin und Hamburg: Verlag Paul Parey, 1986. 257 s.
- EHSEN, H. Anforderungen an das Baumumfeld, ökologische Gestaltung und Bepflanzung des Baumumfeldes. Das Gartentamt, 39, 1990, č. 2, s. 81 - 85; č. 3, s. 173 - 178.
- FREYTAG, J. Hausbäume. Landschaftsarchitektur, 2001, č. 3, s. 27 – 31.
- GRÜTTERS, P. Tipps für Gutachter und Praktiker in der Baumpflege. Der Gartenbau. 2001, č. 41, s. 6 - 8.
- HALLÉ, F. aj. Tropical Trees and Forests: an Architectural Analysis. Berlin - Heidelberg - New York: Springer Verlag, 1978. 441 s.
- Heidger, C. Baumwurzeln sind lenkbar – aber wie? In Jahrbuch der Baumpflege 2004. Braunschweig: Thalacker Medien, 2004, s. 129 – 147.
- HEIDGER, C. et KRÜCKEN, R. Baumstandorte und unterirdische Ver- und Entsorgungsanlagen. PROBAUM, 2005, č. 2, s. 9 – 15. (příloha časopisu Stadt + Grün)
- HÖSTER, H. R. Baumpflege und Baumschutz. Stuttgart: Ulmer Verlag, 1993. 225 s.
- JENÍK, J. Kořenový systém dubu letního a zimního (*Quercus robur* L. et *Q. petraea* Liebl.). In Rozpravy ČSAV, řada Mat.-Přír.věd. 67. Praha, 1957, č. 14, s. 1 - 85.
- JENÍK, J. Kořenový systém dřevin. In Zprávy Dendrologické sekce ČSBS Praha. 5. Praha, 1960, s. 1 – 9.
- JENÍK, J. Adventivní kořeny u nahosemenných a dvouděložných dřevin. In Acta Musei Silesiae, series dendrologica, XXIII, Opava 1974, s. 153 – 163.
- KIERMEIER, P. Planungshilfen. In Bäume und Grün ...natürlich geplant. Teil VI. Hamburg: Lorenz von Ehren Baumschulen, 1996. 126 s.
- KÖSTLER, J.N., BRÜCKNER, E. et BIBELRIETHER, H. Die Wurzeln der Waldbäume. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey, 1968. 284 s.

- KRIETER, M. Bodenaufbau am innerstädtischen Strassenbaumstandort. *Das Gartenamt*, 42, 1993, č. 8, s. 492 – 494.
- KUTSCHERA, L. ET LICHTENEGGER, E. Wurzelatlas mitteleuropäischer Waldbäume und Sträucher. Graz: Leopold Stocker Verlag, 2002. 604 s.
- MAHABADI, M. Schäden durch Wurzeleinwuchs in Hausanschlussleitungen. *grünFORUM.LA*, 2004, č. 10, s. 14 – 15.
- MALEK, J. von et WAWRICK, H. Baumpflege. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, 1985. 382 s.
- MATTHECK, C. et BRELOER, H. Handbuch der Schadenskunde von Bäumen. Freiburg: Rombach Verlag, 1993. 192 s.
- MATTHECK, C. et BETHGE, K. Der Angriff von Wurzeln auf Rohrleitungen. *Landschaftsarchitektur*, 1996a, č. 2, s. 25 – 26.
- MATTHECK, C. et BETHGE, K. Die Baustatik versagt beim Angriff von Wurzeln auf Mauern. *Landschaftsarchitektur*, 1996b, č. 5, s. 40 – 41.
- Meyer, F.H. (Hrsg.) Bäume in der Stadt. Stuttgart: Verlag Ulmer, 1982. 380 s.
- PEJCHAL, M. Zabezpečení příznivých stanovištních podmínek pro uliční stromořadí. In *Stromy v ulicích*, Olomouc 1995. Mělník: Sekce péče o dřeviny při Společnosti pro zahradní a krajinářskou tvorbu, 1995, s. 21 - 32.
- PEJCHAL, M. Architektura kořenového systému stromu. In *Kořenový systém – základ stromu*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně – Ústav zakládání a pěstění lesů a MVDr. Václav Prokop – INPROF, 2004, s. 21 – 36. ISBN 80-239-3335-3.
- RACHTEJENKO, I.N. Kornevyje sistemy drevesnych i kustarnikovych porod. Moskva: Goslesbumizdat, 1952. 105 s.
- REICHWEIN, S. Anhebungen von Wegebelägen durch Baumwurzeln: Teil 2: Ansätze zur Schadensbehebung und Schadensvermeidung. *Stadt + Grün*, 2002, č. 12, s. 47 – 52.
- SCHRÖDER, S. 13. Osnabrücker Baumpflegetage 1995. *Stadt + Grün*, 1995, č. 12, s. 846 – 848.
- SIEWNIAK, M. et KUSCHE, D. Baumpflege heute. Berlin und Hannover: Patzer Verlag, 1994. 320 s.
- SINN, G. Bauschäden durch Wasserentzug von Bäumen? *Stadt + Grün*, 1998, č. 7, s. 513 – 518.

Kontakt

Doc. Ing. Miloš Pejchal, CSc.
MZLU v Brně, Fakulta zahradnická v Lednici
Valtická 337, 691 44 Lednice
Telefon: 519 367 272
E-mail: pejchal@zf.mendelu.cz

DEFORMACE KOŘENOVÉHO SYSTÉMU A JEJICH VLIV NA STABILITU A VITALITU DŘEVIN

Oldřich Mauer, Eva Palátová
ÚZPL LDF MZLU v Brně

Úvod a cíl práce

Kořenový systém je všestranným základem stromu – zajišťuje mechanickou stabilitu, příjem vody a výživu stromu. Pokud není kořenový systém přirozeně rozvinut (je-li deformován, je-li v poměru k výšce nadzemní části malý nebo nemá-li přirozenou architekturu), může to vést nejen k mechanické nestabilitě stromu, ale kořenový systém se může stát i významným predispozičním faktorem chřadnutí a odumírání stromů. Dokladovat to lze plošnými vývraty modřínových porostů v Krušných horách, odumíráním smrku ztepilého v různých oblastech ČR, odumíráním břízy bělokoré v Krušných horách, odumíráním smrku pichlavého v Jizerských horách, ale i plošným napadením smrkových porostů kůrovcem (tab. 1).

Cílem příspěvku je přispět k objasnění vzniku a vlivu deformací kořenového systému na růst dřevin a podat návrhy, jak těmto, pro další vývoj porostů možná klíčovými negativními aspekty, předcházet.

Tab. 1: Stav kořenového systému zdravých a chřadoucích (poškozených) stromů v různých oblastech ČR (hodnoceny vedle sebe rostoucí stejně vysoké zdravé a chřadnoucí – poškozené - stromy, kontrolou stromy zdravé, délka nadzemní části 9 až 10m)

Dřevina	Lokalita, SLT, stav stromů	Hloubka prokořenění (cm)	Deformace kořenů (v % stromů)	Hniloby kořenů (v % stromů)	I _p (v % kontroly)
Modřín	Krušné hory, 7K, zdravý	72	0	0	100
	Krušné hory, 7K, vyvrácený	18	100	43	67
Smrk ztepilý	Českomoravská v., 6K, zdravý	82	0	0	100
	Českomoravská v., 6K, chřadnoucí	76	0	0	47
	Orlické hory, 7K, zdravý	21	16	0	100
	Orlické hory, 7K, chřadnoucí	20	67	50	42
	Jizerské hory, 7M, zdravý	51	12	0	100
	Jizerské hory, 7M, chřadnoucí	25	100	50	51
	Krkonoše, 6K, zdravý	19	0	10	100
	Krkonoše, 6K, chřadnoucí	19	100	100	58
	Beskydy, 4S, zdravý	56	0	37	100
	Beskydy, 4S, chřadnoucí	52	100	100	65
Smrk pichlavý	Jizerské hory, 7M, zdravý	53	100	100	100
	Jizerské hory, 7M, chřadnoucí	27	38	51	48
Smrk ztepilý	Chalkograf, 4K, zdravý	48	0	0	100
	Chalkograf, 4K, napadený	26	100	100	43

Metody a použitý materiál

V příspěvku je v tabulkové podobě a ve stručném komentáři uvedena celá řada výsledků. Postupy hodnocení jsou zřejmé z prezentovaných tabulek výsledků a dalšího textu. Vysvětlení vyžaduje uváděná hodnota Indexu p (označovaná I_p). Index p je hodnota vypočítaná a udává vztah mezi velikostí kořenového systému a velikostí nadzemní části stromu. Konkrétně je počítána jako poměr ploch příčných průřezů všech kosterních kořenů v mm^2 k výšce stromu v cm . Čím je hodnota Indexu p větší, tím větší je kořenový systém stromu. Všechny kořeny byly vyzvednuty ručně archeologickým způsobem. V každém prezentovaném výsledku bylo hodnoceno minimálně 30 stromů zdravých a 30 stromů poškozených a u každého stromu bylo hodnoceno až 36 parametrů. Většina prezentovaných výsledků je uváděna pro nejvíce poškozenou dřevinu v ČR – smrk ztepilý. Závěry hodnocení však platí i pro další druhy našich dřevin.

Výsledky

Typy deformací kořenového systému a místo jejich vzniku

Deformace kořenového systému jsou odbornou veřejností nejčastěji dávány do souvislosti s užitím krytokořenného sadebního materiálu. Skutečností je, že při nevhodném pěstování krytokořenného sadebního materiálu může dojít k nejzávažnějším deformacím kořenového systému a tím i významnému ohrožení takto založených porostů. V 80. letech minulého století docházelo ve Skandinávii k tak velkým plošným vývratům porostů založených krytokořenným sadebním materiálem, že se dokonce uvažovalo o zákazu použití krytokořenného sadebního materiálu při obnovách lesních porostů. Podstatnými změnami technologie pěstování, ale zejména zásadními změnami v konstrukci obalů, byla i u krytokořenného materiálu snížena možnost vzniku deformací vyvolaných vlastní technologií na minimum. V čem spočívají uplatněné změny:

- zvětšení obalu a přizpůsobení jeho tvaru přirozené architektonice kořenového systému pěstovaných rostlin (podle druhu i velikosti pěstovaných rostlin),
- odstranění dna obalu a pěstování rostlin na vzduchovém polštáři, perforace bočních stěn obalu (je uplatněn „vzdušný stříh kořenů“ - obalem prorůstající kořeny zasychají a je stimulován růst kořenů vyšších řádů v obalu),
- přidání vlisů a žeber na vnitřní stěny obalů - usměrnění kořenů v pozitivně geotropickém směru růstu,
- zkrácení doby pěstování rostlin v obalech,
- aplikace chemických látek na bázi mědi na vnitřní stěny obalu, inhibujících po dobu pěstování rostlin růst kořenů, které se dostanou do bezprostředního kontaktu se stěnou obalu - „chemický stříh kořenů“.

Uplatněním všech výše uvedených prvků jsou vytvořeny pouze předpoklady pro minimalizaci deformací kořenového systému. Není-li sadební materiál dobře pěstován, i nadále zůstává krytokořenný sadební materiál „nejnebezpečnějším“ typem sadebního materiálu z hlediska vzniku možných deformací kořenového systému. (Např. v letech 2002-2008 jsme analyzovali kvalitu krytokořenného sadebního materiálu před výsadbou ve 34 případech; výsledek - 73% rostlin mělo nejzávažnější deformace kořenového systému.)

I když se často jeví, že k tvorbě deformací kořenového systému dochází pouze u krytokořenného sadebního materiálu, stejně vážné deformace mohou být vyvolány i užitím prostokořenného sadebního materiálu, ale o těchto deformacích se mluví již méně.

Odchylek od přirozené architektoniky kořenového systému (u prostokořenných i krytokořenných rostlin jsou shodné) může být celá řada, za nejzávažnější je třeba považovat následující.

- Strboul; je vyvolán tvorbou spirál a dalším vzájemným proplétáním kořenů. Jeho vznikem dochází nejenom k narušení přirozené architektoniky, ale dalším tloušťnutím kořenů i k jejich zaškrcování, čímž může být narušena i výživa stromu; kořenový systém je i výrazně napadán parazitickými houbami.

- Absence kůlu nebo panoh u dřevin s kůlovým, panohovitým nebo všestranně rozvinutým kořenovým systémem. Jejich absencí je výrazně narušena přirozená architektonika, výživa a mechanická stabilita stromu.
- Nepravidelné rozložení horizontálních kořenů v kruhové síti. Extrémním případem této odchylky jsou až jednostranné formy kořenového systému.

I když výše uvedené odchylky se mohou vyskytovat jednotlivě (samostatně), často se stává, že na jednom kořenovém systému lze zaznamenat všechny tři současně.

Deformace kořenového systému mohou být vyvolány celou řadou faktorů. Mohou vznikat při pěstování sadebního materiálu, při výsadbě, ale také až dalším růstem kořenů po relativně zdařilé výsadbě.

Při pěstování sadebního materiálu v lesních školkách mohou být deformace vyvolány zejména:

- nevhodnými a nehomogenními fyzikálními a chemickými vlastnostmi půd ve školce včetně zásypky (povrchové a nepravidelně rozložené kořeny, deformace v oblasti kořenového krčku),
- nesprávným školkováním (strboul, nepravidelně rozložené kořeny, absence kůlu)
- špatnou přesadbou do obalu (strboul, absence kůlu),
- nevhodným hnojením (velikost kořenového systému není adekvátní velikosti nadzemní části),
- výsevem semen s nepřiměřeně dlouhým klíčkem (deformace v oblasti kořenového krčku),
- nedodržením technologie při pěstování krytokořeného sadebního materiálu (všechny deformace).

Při nesprávné výsadbě prostokořeného sadebního materiálu dochází k nejzávažnějším deformacím kořenového systému:

- tvorba strboulu - spirálovitým otočením rostliny po umístění do malé jamky nebo štěrbin (kořenový systém „se musí“ směstnat do malého prostoru), stěny jamky nebo štěrbin jsou ohlazené (kořen neproroste ohlazenou stěnou),
- absence kůlu, nepravidelné rozložení kořenových větví - délka vysazovaného kořenového systému je větší než velikost použité jamky nebo štěrbin,
- nepravidelné rozložení kořenového systému – kořenový systém není uložen do přirozené polohy, před sadbou je odstraněna jednostranně část kořenového systému, zejména jemných kořenů, při ruční štěrbinové sadbě dochází k velkému zhutnění při zatahování štěrbin.

Nejnebezpečnější je tvorba strboulu způsobená otočením rostliny v otvoru v půdě a neumístění kůlu (panoh) do pozitivně geotropického směru růstu. Je-li kůl stočen do horizontálního směru (nebo dokonce do negativně geotropického směru růstu), rostlina nevytvoří pozitivně geotropicky rostoucí kořeny a většina povrchových kořenů se tvoří pouze ve směru stočení kůlového kořene.

Krytokořený sadební materiál by měl být vysazován jamkovou sadbou a povrch kořenového balu by měl být překryt minimálně 2 cm zeminy. Výsadba pomocí sázecích rour a tvarovaných dutých rýčů sice přináší významné zrychlení práce, ale mimo vážných deformací kořenového systému může vyvolat i stagnaci růstu a úhyn vysázených rostlin:

- při násilném umístování kořenového balu do vytvořeného otvoru dochází k deformaci kořenového balu a ve spodní části otvoru často vzniká vzduchová kapsa,
- ohlazením stěn otvoru,
- nepřekrytím povrchu kořenového balu dochází k jeho vysychání (rašelina vysychá rychleji než okolní půda), nebo jsou kořenové baly „vytaženy“ ze země při vymrzání a nejsou vytvořeny předpoklady pro tvorbu adventivních kořenů.

I při pečlivé práci může k nejzávažnějším deformacím kořenového systému dojít až po výsadbě. Jde zejména o tyto aspekty:

- Nerespektování stanovištních podmínek a druhu vysazované dřeviny. Přirozená architektura kořenového systému většiny druhů našich dřevin není geneticky fixována, ale jeho tvar je modifikován podmínkami stanoviště. Narazí-li kořen na nepropustnou půdní vrstvu, vodu nebo vrstvu s výraznou chemickou změnou, stáčí se do horizontálního směru. Proto i borovice, jedle, modřín, buk, jasan aj. vytváří naprosto povrchový kořenový systém s nepravidelně rozloženými horizontálními kořeny (dokladovat to lze celou řadou plošných vývrátů těchto dřevin po větrných kalamitách).
- Nevhodná příprava stanoviště. Kořenový systém smrku ztepilého roste pouze v humusových horizontech. Jsou-li při výsadbě humusové horizonty strženy a smrk je vysazován do minerální půdy, všechny kořeny se natočí směrem k nejbližším humusovým horizontům. Nevhodné startovací a udržovací hnojení. Je-li startovací hnojení realizováno malým množstvím tablet (bodového zdroje živin), kořeny se stočí k těmto tabletám. Je-li hnojení realizováno pouze ploškově v blízkosti rostliny, kořeny neprorůstají z luxusně vyhnojené oblasti.
- Velký rozdíl v chemickém složení kořenového balu krytokořeného sadebního materiálu a okolní půdy. Kořenový systém neprorůstá z balu a v jeho malém prostoru se neustále stáčí.
- Výsadba krytokořeného sadebního materiálu v obalech umožňujících prorůstání kořenů na suchá stanoviště. Obal se v takové půdě nerozkládá a stává se pro kořeny neprostupným.

Jelikož deformace kořenového systému nejsou po výsadbě vidět, vzniká otázka, zda lze na deformace usuzovat podle růstové reakce nadzemní části stromu krátce po výsadbě. Odpověď zní jednoznačně - nelze. Je-li sadební materiál při výsadbě pouze deformován a není-li jinak oslaben, v normálních stanovištních podmínkách dobře odrůstá, byť šok z přesazení může trvat déle. Záleží na velikosti kořenového systému vysazovaných rostlin a lze dokonce říci, že v prvních vývojových fázích přirůstá takový materiál rychleji než materiál s nedeformovaným kořenovým systémem. Trvají-li příznivé podmínky i nadále, strom normálně přirůstá, i když jeho kořenový systém je nejen deformovaný, ale vzhledem k objemu (velikosti) nadzemní části i podstatně menší, než je kořenový systém nedeformovaný. Dojde-li však k odchýlení stanovištních podmínek a vitality stromu od normálního stavu - imise, sucho, mráz, defoliace, dlouhodobé přemokření půdního profilu apod. - malý kořenový systém (na rozdíl od normálně vyvinutého kořenového systému) nestačí zajistit všechny funkce, strom ztrácí vitalitu a odumírá. Celý tento proces je umocňován tím, že většina našich dřevin je povinně mykorhizních a malý kořenový systém má i menší mykorhizu. Deformace kořenů je nenormální stav a i když se to nemusí vizuálně projevit na růstu nadzemní části, strom je již oslaben. Většina stromů s deformovaným kořenovým systémem je proto napadena parazitickými houbami, zejména václavkou, outkovkou a kořenovníkem, které při dalším oslabení stromu vykonají své. Stromy s deformovaným kořenovým systémem jsou častěji napadeny i hmyzími škůdci.

I odborná veřejnost si často myslí, že má-li strom deformovaný kořenový systém, v krátké době po výsadbě vytvoří kořenový systém nový - normální. Tato hypotéza byla ještě před několika lety tradována i na lesnických školách. Skutečnost je však jiná. Strom dovede tvořit pouze nové adventivní kořeny. Tyto kořeny se však převážně tvoří na nadzemní části osy, tzn. nad kořenovým krčkem, ale až po jeho zahrnutí opadem nebo rozkládající se buřeni. U většiny dřevin se adventivní kořeny ve větším měřítku tvoří v cca 30 a 70 letech věku. Má-li rostlina při výsadbě zahrnutý kořenový krček, jsou vytvořeny podmínky pro tvorbu adventivních kořenů podstatně dříve. Do 30 let věku stromu jsou však všechny nově vytvořené adventivní kořeny pouze povrchové (horizontální), zcela minimálně se tvoří pozitivně geotropicky rostoucí kotvy, šikmé kotevní kořeny nebo panohy, tzn. vytváří se pouze povrchový kořenový systém; oproti „normálním“ horizontálním kořenům jsou však adventivní horizontální kořeny vždy slabší a kratší. Tvorba adventivních horizontálních kořenů tedy sice částečně kořenový systém zlepšuje, ale s výjimkou smrku důsledně neřeší ani mechanickou stabilitu, ani velikost kořenového systému. Dále si je třeba uvědomit, že jsou pouze čtyři dřeviny, které tvoří adventivní kořeny bez větších problémů, a to smrk, modřín, olše a douglaska. Ostatní dřeviny tvoří adventivní kořeny pomaleji a ne v tak velkém měřítku.

Stále platí stará pravda, že ujmavost rostlin se výrazně zlepšuje v tom případě, když je při výsadbě ke kořenovému systému přidána organická hmota (humus). Biologický princip tkví v tom, že organická hmota výrazně stimuluje tvorbu kořenů. Přidání organické hmoty sice neodstraní deformace, ale kořenový systém se stává větším a mohutnějším.

Vliv kvality kořenového systému užitého sadebního materiálu na následnou kvalitu a stabilitu založených porostů

Nevhodná kvalita užitého sadebního materiálu je nejčastější příčinou velkých ztrát do doby zajištění kultur (porostů). Kvalita užitého sadebního materiálu má však nepoměrně delší dobu své odezvy – výrazně ovlivňuje i další kvalitu založených porostů, byť v době zajištění se porost jeví i jako bezproblémový.

Kvalita sadebního materiálu je komplex vzájemně podmíněných parametrů a znaků. V základních aspektech je dělena na kvalitu genetickou, morfologickou a fyziologickou. I když s výjimkou kvality fyziologické je u lesních dřevin exaktně určena (limitována) legislativou, více než 40 % v současné době užitého sadebního materiálu v lesnictví této legislativě neodpovídá. Budeme-li konfrontovat užitý sadební materiál pro výsadbu a obnovu mimo lesní půdu ve světle lesnické legislativy, musíme konstatovat, že téměř žádný sadební materiál těmto kritériím neodpovídá.

Příklady jsou koncipovány tak, aby ukázaly, jak jednotlivé legislativou limitované parametry a znaky sadebního materiálu ovlivňují kvalitu porostů. Všechna ověřování byla realizována na poloprovozních a výzkumných plochách, které byly vždy založeny tak, aby užitý sadební materiál nesplňoval parametry kvality pouze v jednom parametru; všechny ostatní parametry a znaky byly v optimu, rovněž kvalita obnovních prací byla pečlivá.

Vliv deformace hlavního kořene (tab. 2)

Legislativa připouští užití sadebního materiálu s ne zcela pozitivně geotropicky rostoucím hlavním kořenem (nemusí jít vždy o radix primaria) za předpokladu, že jeho osa svírá s povrchem půdy úhel větší než 45 stupňů. Je-li tento úhel menší (deformace hlavního kořene do tvaru písmene L a J), sadební materiál z hlediska délky nadzemní části a ztrát odrůstá stejně jako sadební materiál standardní, významné rozdíly jsou však v růstu kořenového systému. Takovýto sadební materiál vytváří pouze povrchový, jednostranný (většina kořenů je stočena ve směru deformace hlavního kořene) a velmi slabý kořenový systém. Tím jsou vytvořeny všechny předpoklady pro mechanickou nestabilitu a ztrátu vitality stromu.

Tab. 2: Vliv deformace hlavního kořene sadebního materiálu na kvalitu porostu (HS 45, BK 2 + 0, DB 2 + 0, standardní i nestandardní sadební materiál měl shodnou délku nadz. části, hodnoceno 12 let po sadbě)

Sadební materiál (stupeň) ⁺	Doba pro zajištění (roky)	Ztráty (v % stromů)	Výskyt hlavního kořene nebo panoh (v % stromů)	Hloubka prokořenění (cm)	Velikost Indexu p (v % kontroly)	Délka nadz. části (v % kontroly)
BK – 90 (kontrola)	4	8	100	67	100	100
BK – 50	4	11	100	71	91	104
BK – 30	4	10	22	25	53	104
DB – 90 (kontrola)	5	9	100	94	100	100
DB – 50	5	7	96	87	107	97
DB – 30	5	6	37	37	48	101

Pozn.: ⁺stupeň – úhel, který svírá osa hlavního kořene s povrchem půdy

Vliv deformace kořenového systému do strboulu (tab. 3)

Legislativa sice nepřipouští užití sadebního materiálu s deformovaným kořenovým systémem do strboulu, v praxi se však často takovýto sadební materiál užívá. I nejzávažnější deformace kořenového systému do strboulu nevyvolávají ztráty a neretardují růst nadzemní části stromu. Výrazné rozdíly jsou však v růstu kořenového systému. Takovýto sadební materiál vytváří pouze povrchový, nepravidelně rozložený a velmi slabý kořenový systém. Tím jsou vytvořeny předpoklady pro mechanickou nestabilitu a ztrátu vitality stromu.

Tab. 3: Vliv deformace kořenového systému do strboulu na kvalitu porostu (HS 45, SM fk2, BK fk1, standardní i nestandardní sadební materiál měl shodnou délku nadzemní části, hodnoceno 12 let po sadbě)

Sadební materiál (% strboulu)	Doba pro zajištění (roky)	Ztráty (v % stromů)	Výskyt hlavního kořene nebo panoh (v % stromů)	Hloubka prokořenění (cm)	Velikost Indexu p (v % kontroly)	Délka nadz. části (v % kontroly)
SM - 0 (kontrola)	3	5	0	14	100	100
SM - 100	3	8	0	15	63	95
BK - 0 (kontrola)	3	8	100	73	100	100
BK - 100	3	7	0	21	42	101

Vliv nevhodného poměru objemu nadzemní části k objemu kořenového systému (tab. 4)

Je-li při výsadbě použit sadební materiál, který nesplňuje parametry legislativy v poměru objemu kořenového systému k objemu nadzemní části, takovýto sadební materiál velmi špatně odrůstá. Má velké ztráty a přežívající stromy výrazně zaostávají v růstu nadzemní části za stromy standardně založenými. Negativně reaguje i jejich kořenový systém; nemění se sice hloubka prokořenění, ale jejich kořenový systém je malý. Tím jsou vytvořeny předpoklady pro mechanickou nestabilitu a ztrátu vitality stromů.

Tab. 4: Vliv nevhodného poměru objemu nadzemní části (NČ) k objemu kořenového systému (KS) sadebního materiálu na kvalitu porostu (HS 53, SM 2 + 2, BK 1 - 1, standardní i nestandardní sadební materiál měl shodnou délku nadzemní části, hodnoceno 12 let po sadbě)

Sadební materiál (poměr NČ : KS)	Doba pro zajištění (roky)	Ztráty (v % stromů)	Hloubka prokořenění (cm)	Velikost Indexu p (v % kontroly)	Délka nadz. části (v % kontroly)
SM 3 : 1 (kontrola)	4	10	18	100	100
SM 4 : 1	6	39	20	67	81
BK 1 : 1 (kontrola)	4	8	88	100	100
BK 2 : 1	7	42	82	71	73

Vliv zaschnutí kořenového systému (tab. 5)

Je-li při výsadbě použit sadební materiál, který ztratil větší množství vody (vodu ztrácí zejména kořenový systém - 3x rychleji než nadzemní část), jeho reakce je stejná jako při užití sadebního materiálu s nevhodným poměrem objemu nadzemní části k objemu kořenového systému. Má velké ztráty, zaostává v růstu nadzemní části a má slabý kořenový systém. Tím jsou vytvořeny předpoklady pro mechanickou nestabilitu a ztrátu vitality stromu.

Tab. 5: Vliv zaschnutí sadebního materiálu na kvalitu porostu (HS 53, SM 2 + 2, BK 1 - 1, zaschlý i nezaschlý sadební materiál měl shodnou délku nadz. části, zaschlý sadební materiál ztratil 10 % celkové hmotnosti, hodnoceno 12 let po sadbě)

Sadební materiál (v % zaschlých rostlin)	Doba pro zajištění (roky)	Ztráty (v % stromů)	Hloubka prokořenění (cm)	Velikost Indexu p (v % kontroly)	Délka nadz. části (v % kontroly)
SM - 0 (kontrola)	4	10	18	100	100
SM - 100	6	51	17	49	53
BK - 0 (kontrola)	4	8	88	100	100
BK - 100	7	55	88	53	76

Vliv nevhodného původu reprodukčního materiálu (tab. 6)

Informací o porostech založených reprodukčním materiálem nevhodného genetického původu je celá řada. Jednoznačně z nich vyplývá, že když tyto porosty vůbec odrůstají, jsou málo kvalitní, málo vitální a obecně velmi labilní. Všechny tyto informace potvrzuje i šetření prezentované v tabulce 6.

Tab. 6: Vliv nevhodného původu reprodukčního materiálu na kvalitu porostu (SLT 7K, k výsadbě použit SM 2 + 2 původem z 5. a 7. LVS, hodnoceno 17 let po sadbě)

Původ reprodukčního materiálu	Doba pro zajištění (roky)	Ztráty (v % stromů)	Hloubka prokořenění (cm)	Velikost Indexu p (v % kontroly)	Délka nadz. části (v % kontroly)
7. LVS (kontrola)	6	13	54	100	100
5. LVS	9	47	27	74	63

Vliv kvality obnovních prací na kvalitu (stabilitu) porostů smrku ztepilého

Nevhodná kvalita zalesňovacích prací (nedodržení technologických postupů) ovlivňuje deformace kořenového systému a následnou kvalitu porostů stejnou měrou jako užití nekvalitního sadebního materiálu.

Vliv redukce (vliv velikosti) kořenového systému (tab. 7)

Na stanovištích HS 57, kde smrk vytváří pouze povrchový kořenový systém, byla ručně (odsekutím) redukována část kořenového systému stromů a následně zjišťována jejich reakce. Čím je strom mladší, tím větší redukci kořenového systému snese. V normálních podmínkách je kořenový systém „předimenzován“, aby byl schopen reagovat na výskyt eventuálních stresů. V mládí je tato schopnost stromu vždy podstatně větší než v jeho vyšším věku. Na stres strom reaguje nejdříve změnou přírůstu a teprve následně změnou barvy asimilačního aparátu.

Tab. 7: Vliv redukce kořenového systému na snížení přírůstu (označeno +) a změnu barvy asimilačního aparátu (označeno ⊕), HS 57

Věk	Odstraněno kořenů (v % celého kořenového systému)	Roky po redukci				
		1.	2.	3.	4.	5.
10	10					
	20					
	30					+
	50				+	⊕
20	10					
	20					
	30				+	+
	50			+	⊕	⊕
30	10					
	20					
	30			+	+	⊕
	50		+	⊕	⊕	⊕
60	10					
	20				+	+
	30			+	⊕	⊕
	50	+	⊕	⊕	⊕	⊕

Vliv přidání organické hmoty při výsadbě (tab. 8)

Při výsadbě by nikdy neměl být kořenový systém deformován a měla by být k němu vždy dodána organická hmota. Organická hmota je „zlatý prášek“, který výrazně stimuluje nejen velikost kořenového systému, ale následně i výškový přírůst, vitalitu stromu a ztráty po výsadbě. Přidaná organická hmota výrazně eliminuje i negativní vliv deformací kořenového systému. (stimulací tvorby většího kořenového systému). deformace do strboulu je vždy nebezpečnější než deformace do písmene L (jednostranné formy kořenového systému).

Tab. 8: Vliv deformace kořenového systému při sadbě a přidání organické hmoty při sadbě na růst a vitalitu (HS 43, ruční jamková sadba, SM 2+2)

Způsob sadby	Roky po sadbě									
	5 let					10 let				
	Ip (%)	Délka NČ (%)	Výskyt václavky (v % stromů)	Ztráty (v % stromů)	Vitalita (%)	Ip (%)	Délka NČ (%)	Výskyt václavky (v % stromů)	Ztráty (v % stromů)	Vitalita (%)
Bez přidání organické hmoty										
Standard	100	100	0	0	100	100	100	0	2	100
Strboul	53	78	15	0	67	52	73	74	28	51
Deformace L	71	93	12	0	71	68	85	48	17	68
S přidáním organické hmoty										
Standard	158	136	0	1	100	157	147	0	3	100
Strboul	72	106	0	0	92	81	109	28	9	93
Deformace L	92	109	0	2	94	92	114	18	9	91

Poznámka: hodnoty Ip a délka NČ jsou vyjádřeny relativně (100% - standard - správně realizovaná sadba bez přidání organické hmoty).

Vliv utužení půdy a utopení rostlin při jamkové sadbě (tab. 9)

Při standardní jamkové sadbě by měla být rostlina zahrnuta po kořenový krček a půda ztuhněna tak, že stopa dospělého člověka je cca 1 cm hluboká. Nižší umístění rostlin (kořenový krček zahrnut cca 8 až 10 cm půdy - jejich utopení), stejně tak i jejich velké utužení, vyvolávají nedostatek kyslíku pro zdárný vývoj rostliny. Utopení i utužení vyvolává shodné negativní reakce - inhibiční vývin kořenového systému i přírůstu nadzemní části, velké ztráty po výsadbě a rychlé napadení kořenového systému parazitickými houbami. Souběžné utopení a utužení rostlin negativní účinky dále prohlubují.

Tab. 9: Vliv utužení půdy a utopení rostliny při jamkové sadbě na růst a vitalitu 8 let po sadbě (HS 43, ruční jamková sadba, bez přidání organické hmoty, bez deformace kořenového systému, SM 2+2)

Způsob sadby	Ip (%)	Délka nadz. části (%)	Výskyt václavky (v % stromů)	Ztráty (v % stromů)	Vitalita (%)
Jamková • standard	100	100	0	1	100
Jamková • utopená	57	84	46	24	61
• utužená	68	72	19	21	62
• utužená + utopená	44	56	53	38	43

Pozn.: Hodnoty Ip a délka nadzemní části jsou vyjádřeny relativně (100% - standard - správně umístěná a utužená rostlina)

Vliv utužení půdy a utopení rostlin při šterbinové sadbě (tab. 10)

I při standardní šterbinové sadbě by měla být rostlina zahrnuta po kořenový krček a půda zhutněna tak, že stopa dospělého člověka je cca 1 cm hluboká. I standardní šterbinová sadba dřevin s povrchovým kořenovým systémem vyvolává oproti standardní sadbě jamkové negativní reakce stromu. Tyto negativní reakce se dále prohlubují jejich utopením nebo utužením. Po souběžném utopení a utužení jsou reakce stromu a z toho plynoucí jeho predispozice pro další zdárný růst minimální.

Tab. 10: Vliv utužení půdy a utopení rostliny při šterbinové sadbě na růst a vitalitu 8 let po sadbě (HS 43, ruční šterbinová sadba, bez přidání organické hmoty, bez deformace kořenového systému, SM f1+2)

Způsob sadby	Ip (%)	Délka nadz. části (%)	Výskyt václavky (v % stromů)	Ztráty (v % stromů)	Vitalita (%)
Jamková	100	100	0	2	96
• standard					
Šterbinová	73	88	2	3	94
• standard					
• utužená	51	62	18	26	65
• utužená + utopená	36	54	29	41	43

Pozn.: Hodnoty Ip a délka nadzemní části jsou vyjádřeny relativně (100% - standard - správně umístěná a utužená rostlina)

Vliv různých způsobů sadby krytokořenného sadebního materiálu (tab. 11)

Biologicky nejvýhodnější výsadbou krytokořenného sadebního materiálu je sadba jamková. Je-li krytokořenný sadební materiál správně vypěstovaný, jeho reakce po jamkové sadbě je téměř stejná jako reakce stejně vysokých prostokořenných rostlin. Výsadba krytokořenného sadebního materiálu pomocí sázecích rour, holí nebo trnů (byť je ekonomicky výhodnější) vyvolává tak velké negativní reakce stromů, že jeho predispozice pro další zdárný růst jsou minimální.

Tab. 11: Vliv různých způsobů výsadby krytokořenného sadebního materiálu na růst a vitalitu 8 let po sadbě (HS 43, SM fk 0,5+k1; kontrola ruční jamková sadba prostokořenných sazenic stejné výšky, SM f1+2)

Způsob sadby	Ip (%)	Délka nadz. části (%)	Výskyt václavky (v % stromů)	Ztráty (v % stromů)	Vitalita (%)
Kontrola	100	100	0	3	100
Jamková	89	108	0	3	100
Sázecí roura (+)	52	81	41	21	58
Sázecí trn (+)	43	62	36	29	49

Pozn.: + bez překrytí kořenového balu

Hodnoty Ip a délka nadzemní části jsou vyjádřeny relativně (100% - jamková sadba prostokořenných sazenic)

Velikost kořenového systému z umělé obnovy sadbou a z přirozeného zmlazení (tab. 12)

Zejména v laické veřejnosti je zafixováno, že stromy z přirozené obnovy mají lepší predispozice pro svůj další růst než stromy z obnovy umělé (údajně mají větší a více rozvinutý kořenový systém). Je-li umělá obnova realizována pečlivě, stromy z umělé obnovy mají podstatně větší kořenový systém než stejně vysoké stromy z obnovy přirozené. Stromy z umělé obnovy mají tudíž větší predispozice pro svůj další zdárný vývoj.

Tab. 12: Velikost kořenového systému (v % Ip) neredukovaného přirozeného zmlazení (HS 45, analyzovány úrovně stromy, kontrolou stejně vysoké stromy založené sadbou)

Délka nadzemní části (cm)	Ip (%)	
	Přirozené zmlazení	Umělá obnova
60	100	165
100	100	194
200	100	246

Pozn.: Kontrola -100% - hodnoty Ip přirozeného zmlazení u příslušné délky nadzemní části

Vliv fixace stromů kůly na vývin kořenového systému (tab. 13)

V příspěvku jsou uvedeny příklady vývinu kořenového systému a jeho vlivu na stabilitu a vitalitu dřevin v lesních porostech. Řešitelský kolektiv sledoval stejnou problematiku i u dřevin vysázených v intravilánech – u chřadoucích javorů, lip, lísek a jasanů. Příčina chřadnutí byla shodná jako u dřevin v lesních porostech – malý a deformovaný kořenový systém. Deformace kořenového systému chřadoucích i zdravých stromů v intravilánech byla stoprocentní. Přesto na rozdíl od výsadeb stromů v lesních porostech není chřadnutí stromů v intravilánech tak zjevné, důvodem je skutečnost, že při prvních náznacích ztráty vitality jsou stromy zalévány a přihnojovány, tudíž je eliminována skutečnost, že jejich kořenový systém je malý. Tvorbu malého kořenového systému však vyvolává i dlouhodobá fixace stromu vysokými kůly – strom není nucen vyvinout kořenový systém, který by zajistil jeho mechanickou stabilitu (u lesních dřevin stejnou reakci vyvolává dlouhodobé umístění stromů v plastových obalech).

Tab. 13: Javor klen – vliv fixace kůly na vývin kořenového systému (stromy fixovány 3 kůly)

Způsob fixace	Ip (v %)	
	5 let po sadbě	10 let po sadbě
Bez kůly – kontrola	100	136
Kůly o délce 2,0 m	73	51
Kůly o délce 1,2 m (odstraněny 5 let po výsadbě)	88	124

Pozn.: Kontrola – 100 % - hodnoty Ip bez kůly 5 let po sadbě

Závěry

I když by se mohlo zdát, že deformace kořenového systému lesních dřevin jsou spíše jevem výjimečným, opak je pravdou. Řešitelský kolektiv za posledních deset let analyzoval architekturu kořenového systému 5 800 ručně vykopaných stromů ve stáří 10 - 80 let; 4 900 z nich mělo nejzávažnější deformace kořenového systému a téměř všechny deformované kořenové systémy byly napadeny agresivními parazitickými houbami - nejčastěji václavkou. U porostů založených krytokořeným sadebním materiálem činil podíl deformovaných kořenových systémů až 85 %. Deformace kořenového systému však nejdou pouze na vrub lesníků předcházející generace. Řešitelský tým za posledních šest let analyzoval architekturu kořenového systému 91 porostů ve stáří 4 až 6 let po výsadbě; celkem bylo vyzvednuto 2 700 stromů a 2 100 z nich mělo nejzávažnější deformace kořenového systému. I když u některých porostů nebyly zjištěny deformace téměř žádné, nebyly výjimkou např. kultury dubu po ruční štěrbinové sadbě s 80% deformací nebo zajištěné porosty borovice po mechanizované výsadbě se 100% deformací. Největší podíl deformovaných kořenových systémů byl zjištěn po výsadbě krytokořeného sadebního materiálu a ruční štěrbinové výsadbě prostokořeného sadebního materiálu. Významné rozdíly však byly zjištěny mezi jednotlivými lesníky; na některých úsecích deformace nepřesahovaly 20 %, na jiných byly 100 % (stejnou tendenci lze vyvodit u analýz porostů starších deseti let).

Deformace kořenového systému jsou velmi vážným problémem, který může ovlivnit vitalitu a stabilitu porostů v kterékoliv jejich vývojové fázi. K deformacím proto nelze přistupovat tak, že „co oči nevidí - srdce nebolí“. Deformace kořenového systému jednoznačně prokazují, že kultury s deformovaným kořenovým systémem nesplňují podmínky zajištěného porostu ve smyslu platné legislativy. Kontrola rozložení a stavu kořenového systému by se proto měla stát naprosto rovnocenným kritériem hodnocení zajištěnosti kultur. Kontrola rozložení a stavu kořenového systému by se měla stát i kritériem přejímání zalesňovacích prací. Minimalizovat chřadnutí porostů lze pouze změnou dřevinné skladby nebo zvýšením vitality stromu. Vitalitu lze zvýšit pouze tak, že budeme pěstovat stromy s velkým kořenovým systémem.

Příspěvek je součástí výzkumného záměru MSM 6215648902 a vznikl za finanční podpory grantového projektu NAZV QG 60060.

Kontakt

Prof. Ing. Oldřich Mauer, DrSc., Doc. RNDr. Ing. Eva Palátová, Ph.D.,
LDF MZLU v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno
omauer@mendelu.cz, evapal@mendelu.cz

Poznámky