Česká zemědělská univerzita

v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů

Prosperita a odrůstání kultur borovice lesní na oglejených stanovištích kalamitních ploch v 6. lesním vegetačním stupni na LS Třebíč

Prosperity and Growth of Scots Pine Cultures on Gleyic Habitats of Calamity Areas in the 6th Forest Vegetation Zone in Forestry Administration Třebíč

Bakalářská práce

Autor: Dominik Žilinský

Vedoucí práce: prof. RNDr. Stanislav Vacek, DrSc.

2026

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Dominik Žilinský

Lesnictví

Ochrana a pěstování lesních ekosystémů

Název práce

Prosperita a odrůstání kultur borovice lesní na oglejených stanovištích kalamitních ploch v 6. lesním vegetačním stupni na LS Třebíč

Název anglicky

Prosperity and Growth of Scots Pine Cultures on Gleyic Habitats of Calamity Areas in the 6th Forest Vegetation Zone in Forestry Administration Třebíč

Cíle práce

Získat poznatky o prosperitě experimentálních výsadeb různých typů a velikosti sadebního materiálu borovice lesní na oglejených stanovištích kalamitních ploch v 6. lesním vegetačním stupni na LS Třebíč s důrazem na jejich odrůstání a vitalitu.

Metodika

– Rozbor problematiky o zakládání porostů borovice lesní umělou obnovou v podmínkách globálních klimatických změn z hlediska optimalizace typů a velikosti sadebního materiálu a období výsadeb.

– Charakteristika zájmové oblasti LS Třebíč a zejména pak jejich stanovištních a porostních poměrů.

– Charakteristika experimentálních výsadeb borovice lesní na LS Třebíč.

– Standartní biometrická měření výsadeb a hodnocení jejich vitality dle standardních metod.

– Aplikace standardních biometrických a matematicko-statistických metod.

– Vyhodnocení prosperity experimentálních výsadeb borovice lesní s důrazem na jejich odrůstání a vitalitu jako podkladu pro optimalizaci z hlediska optimalizace typů a velikosti sadebního materiálu a období výsadeb.

– Vypracování literární rešerše (termín 5/2025)

– Sběr dat v terénu (termín 7 až 9 /2025)

– Zpracování metodiky a dat (termín 9/2025)

– Celkové vyhodnocení výsledků (termín 12/2025)

– Sepsání a precizace práce (termín 2/2026)

Doporučený rozsah práce

Minimálně 30 stran textu.

Klíčová slova

Zakládání lesů, experimentální výsadby, borovice lesní, růst výsadeb, vitalita výsadeb, LS Třebíč

Doporučené zdroje informací

Barzdajn, W., Kowalkowski, W. (2016): Wpływ pory sadzenia i technologii produkcji sadzonek na wzrost sosny zwyczajnej w doświadczeniu w Nadleśnictwie Oleśnica. (Effect of planting time and seedling production technology on growth of Scots pine in the Oleśnica Forest District experiment). Sylwan, 160 (2): 127–134.

Brichta, J., Vacek, S., Vacek, Z., Cukor, J., Mikeska, M., Bílek, L., Šimůnek, M., Gallo, J., Brabec, P. (2023): Importance and potential of Scots pine (Pinus sylvestris L.) in 21st century. Central European Forestry Journal, 69: 3–20.

Kriegel, H. (2000): Ovlivnění vývoje a zdravotního stavu borových kultur sadebním materiálem a technologiemi výsadby. Zprávy lesnického výzkumu, 45 (4): 1–5.

Kulla, L., Šebeň, V. (2012): Pokus s uplatnením neceloplošnej umelej obnovy kalamitnej holiny na demonštračnom objekte Husárik. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 58: 171–180. Leugner, J. (2019): Obnova kalamitních holin. Lesnická práce, 98 (3): 18–19.

Leugner, J. (2019): Obnova kalamitních holin. Lesnická práce, 98 (3): 18–19.

Mikeska, M., Vacek, S., Prausová, R., Simon, J., Minx, T., Podrázský, V., Malík, V., Kobliha, J., Anděl, P., Matějka, K., 2008: Typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 450 s.

Nárovcová, J. 2010. Mortalita výsadeb populací borovice lesní. Zprávy lesnického výzkumu, 55 (4): 299–306.

Remeš, J., Bílek, L., Jahoda M., 2016: Vliv přípravy půdy a hnojení dřevěným popelem na růst sazenic borovice lesní. Zprávy lesnického výzkumu, 61(3):197–202.

Vacek, S., Mikeska, M., Bílek, L. (2022): Bory. In: Cílek, V., Polívka, M., Vacek, Z. (eds.), Český a moravský les. Jeho počátky, současný stav a výhled do budoucnosti. Praha, Nakladatelství Dokořán, s. 165–178.

Vacek, Z., Vacek, S., Cukor, J. (2023): European forests under global climate change: review of tree growth processes, crises and management strategies. Journal of Environmental Management, 332: 117353.

Předběžný termín obhajoby

2024/25 ZS – FLD

Vedoucí práce

prof. RNDr. Stanislav Vacek, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 18. 12. 2024

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 03. 01. 2025

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 28. 01. 2026

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Prosperita a odrůstání kultur borovice lesní na oglejených stanovištích kalamitních ploch v 6. lesním vegetačním stupni na LS Třebíč* vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souladu s GDPR.

V Lásenici dne: 26.3.2026

Podpis: ……

Poděkování

Rád bych vyjádřil upřímné poděkování vedoucímu mé bakalářské práce, **prof. RNDr. Stanislavu Vackovi, DrSc.**, za jeho odborné vedení, cenné metodické rady a čas, který mi v průběhu zpracování věnoval. Velké poděkování náleží také **LS Třebíč** za poskytnutí zázemí pro terénní šetření a za odborné konzultace, které významně přispěly k úrovni výsledků této práce. V neposlední řadě děkuji všem, kteří mi pomohli se sběrem a zpracováním dat, a své rodině za jejich neutuchající podporu po celou dobu mého studia.

Abstrakt

Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) je jednou z hospodářsky nejdůležitějších dřevin evropských lesů. V České republice tvoří přibližně 16 % porostní zásoby a je ceněna pro svou pionýrskou povahu i meliorační a zpevňující funkce na extrémních lokalitách. V posledních letech však borové porosty čelí rostoucímu tlaku v důsledku klimatické změny, sucha a kůrovcových kalamit, což vede k oslabení vitality a následnému chřadnutí všech věkových tříd. Tato situace činí obnovu lesa na rozsáhlých holinách vysoce rizikovou a vyžaduje precizní volbu pěstebních postupů i kvalitního sadebního materiálu.

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou prosperity a odrůstání kultur borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) na extrémních oglejených stanovištích v 6. lesním vegetačním stupni v oblasti zasažené kůrovcovou kalamitou na Lesní správě Třebíč. Cílem práce bylo za využití biometrických a fyziologických metod vyhodnotit úspěšnost umělé obnovy v závislosti na typu sadebního materiálu, jeho velikostních parametrech a termínu výsadby.

Metodika zahrnovala detailní fyziologické testování před výsadbou (měření vodního a osmotického potenciálu, vodního sytostního deficitu a konduktivity pletiv) a následné terénní měření dendrometrických parametrů výšky, tloušťky kořenového krčku a výškového přírůstu, spolu s hodnocením zdravotního stavu a mortality.

Výsledky studie prokázaly, že volba technologie výsadby je v těchto podmínkách klíčovým faktorem úspěchu. Krytokořenné sazenice vykazovaly signifikantně lepší růstové charakteristiky a výrazně nižší mortalitu ve srovnání s prostokořennými variantami. Jako nejúspěšnější se ukázala březnová výsadba krytokořenných sazenic kategorie 36–50 cm, která dosáhla nejnižší úmrtnosti a nejvyšších výškových přírůstů. Naopak jako zcela nevhodné se jeví prostokořenné semenáčky do 15 cm, u nichž mortalita dosahovala až 69 % v důsledku nízké odolnosti vůči fyziologickému stresu na holině. Práce rovněž přinesla specifické zjištění, že u prostokořenného materiálu na podmáčených půdách vykazuje dubnový termín výsadby lepší výsledky než tradiční březnový, a to díky příznivějšímu hydrologickému režimu a prohřátí substrátu. Předložené závěry jsou specifické pro sledovaná oglejená stanoviště a jejich platnost je determinována konkrétními pedologickými a mikroklimatickými podmínkami dané lokality.
Klíčová slova: Zakládání lesů, experimentální výsadby, borovice lesní, růst výsadeb, vitalita výsadeb, LS Třebíč

Abstract

Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is one of the most economically important tree species in European forests. In the Czech Republic, it accounts for approximately 16% of the growing stock and is valued for its pioneer nature, as well as its soil-improving and stabilizing functions in extreme localities. In recent years, however, pine stands have faced increasing pressure due to climate change, drought, and bark beetle outbreaks, leading to weakened vitality and subsequent decline across all age classes. This situation makes forest regeneration on extensive clear-cut areas highly risky, requiring a precise choice of silvicultural procedures and high-quality planting material.

This bachelor thesis addresses the issues of prosperity and growth performance of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantations on extreme gleyic sites within the 6th forest vegetation tier in an area affected by a bark beetle calamity at the Třebíč Forest District. The study aims to evaluate the success of artificial regeneration using biometric and physiological methods, depending on the type of planting material, its size parameters, and the planting date.

The methodology included detailed physiological testing prior to planting (measurement of water and osmotic potential, water saturation deficit, and tissue conductivity) and subsequent field measurements of dendrometric parameters: height, root collar diameter, and height gain, along with health and mortality assessments.

The results of the study demonstrated that the choice of planting technology is a key factor of success in these conditions. Containerized seedlings showed significantly better growth characteristics and markedly lower mortality compared to bareroot variants. The March planting of containerized seedlings (size category 36–50 cm), proved most successful and achieved the lowest mortality and the largest height gain. Conversely, bareroot seedlings under 15 cm appeared entirely unsuitable, with mortality reaching up to 69% due to low resistance to physiological stress on clear-cut sites. The data also showed a specific finding: for bareroot material on waterlogged soils, April planting dates show better results than the traditional March dates, thanks to a more favourable hydrological regime and substrate warming. The presented conclusions are specific to the observed gleyic sites, and their validity is determined by the specific pedological and microclimatic conditions of the given locality.

Keywords: Silviculture, Experimental plantations, Scots pine, Growth of plantations, Planting vitality, Forest District Třebíč

Obsah

1. Úvod 3
2. Cíle práce 4
3. Literární rešerše 5
3.1. Základní charakteristika druhu 5
3.2. Popis druhu 5
3.3. Taxonomie druhu 6
3.4. Historie druhu na území ČR 6
3.5. Rozšíření druhu 7
3.6. Významné ekotypy v ČR 8
3.7. Ekologické nároky borovice lesní 9
3.7.1. Nároky na světlo 9
3.7.2. Nároky na půdu 10
3.7.3 Nároky na vodu 10
3.8. Konkurenceschopnost 11
3.9. Zpevňující a meliorační funkce 11
3.10. Škodliví činitelé na borovici lesní na území ČR 12
3.10.1. Abiotické ohrožení 12
3.10.2. Biotické ohrožení 12
3.10.3. Houbové patogeny 13
3.10.4. Hmyzí škůdci 14
3.10.5. Ostatní škůdci 15
3.11. Význam borovice lesní 16
3.11.1. Produkční funkce 16
3.11.2 Mimoprodukční funkce 16
3.12. Obnovní postupy 17
3.12.1. Holosečný způsob 17
3.12.2 Násečný způsob 18
3.12.3. Podrostní způsob 18
3.13. Umělá obnova 18
3.14. Přirozená obnova 19
3.15 Posouzení vhodnosti dřevin a volba velikostních parametrů sadebního materiálu 20
3.16 Technologie výsadby 21

3.16.1. Štěrbinová výsadba pomocí sazeče 21
3.16.2. Jamková výsadba pomocí sekeromotyky 21
3.16.3. Výsadba pomocí půdních vrtáků 21
3.17. Termín výsadby 22
3.18. Výchova porostů 22
3.18.1. Péče o nárosty a kultury 23
3.18.2. Probírky 23
3.18.3. Zásahy v porostech s opožděnou výchovou 23
4. Metodika 25
4.1. Charakteristika území 25
4.2. Lesní správa Třebíč 25
4.3. Testování sadebního materiálu 29
4.4. Výsadba a sběr dat 29
4.5. Opatření po výsadbě 33
4.6. Měření na výzkumných plochách 33
4.6.1. Měření výšky 33
4.6.2. Měření výškového přírůstů 33
4.6.3. Měření tloušťky kořenového krčku 33
4.7. Hodnocení zdravotního stavu 34
4.8. Výpočet mortality 34
5. Analýza dat 36
6. Výsledky 37
6.1. Fyziologické testování 37
6.1.1. Vodní potenciál 37
6.1.2. Osmotický potenciál 38
6.1.3. Vodní sytostní deficit 39
6.1.4. Konduktivita 40
6.2. Dendrometrické parametry 41
6.3. Růstový potenciál 43
6.4. Zdravotní stav a mortalita 44
7. Diskuze 46
8. Závěr 48
9. Zdroje 50

1. Úvod

Klimatická změna a s tím související kalamitní destrukce porostů v posledních letech velice komplikují obnovu lesních porostů, což se dotýká samozřejmě i porostů borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.). Lze objektivně říct, že změna klimatu negativně ovlivňuje lesní porosty na celém světě zvyšující se intenzitou a frekvencí vln veder, such a ostatních extrémních jevů počasí (Seidl et al. 2017). Odhadovaný vývoj průměrných teplot v následující dekádě by měl dle modelů vzrůst o 1,5 °C, s tím, že se očekává snížení srážek. Méně optimistické scénáře naznačují zvýšení průměrných teplot až o 2,5 °C (IPCC 2019).

Borovice lesní je jedna z dominantních dřevin ve více než polovině evropských lesů (Mikeska et al. 2008). V České republice bylo její současné zastoupení ke konci roku 2024 15,9 % oproti 17, 6 % v roce 2000. Doporučené zastoupení je 13,2 % (MZE 2025). Borovice je považována za jednu z dřevin nejvíce postižených změnou klimatu (Šrámek, Hellebrandová 2016). Borové porosty jsou náchylné na nevyvážené rozložení vlhkých a suchých období (Spinoni et al. 2018). Výsledky z České republiky ukazují totéž: borovice za posledních 30 let rostou pomaleji, a to hlavně kvůli vyšším teplotám a suchu (Brichta et al. 2024).

Při hospodaření v těchto lesích se ve střední Evropě uplatňují především holoseče nebo podrostní způsoby těžby. To odráží ekologické požadavky borovice lesní jako dřeviny náročné na světlo, která potřebuje méně husté porosty (Uria-Diez, Pommerening 2017). Nyní se nabízí využít tyto nároky na světlo na nově vzniklých kalamitních holinách, které začaly intenzivně vznikat po velmi suchém roce 2015 po kulminaci podkorního hmyzu převážně na smrku ztepilém (*Picea abies*). V roce 2020 plocha obnovených porostů v ČR dosáhla 40 679 ha, z čehož 81,7 % tvořila umělá obnova, s nezanedbatelným podílem borovice lesní 7,5 % (MZe 2022).

Zvýšený podíl nahodilých těžeb lze očekávat také v budoucnosti, zejména v souvislosti se současně probíhající změnou klimatu (Šimůnek et al. 2020). Jedná se přitom primárně o smrkové a borové monokultury či porosty s jejich dominantním zastoupením (Knížek, Liška eds. 2019). Obnova lesa po kalamitách je ekonomicky náročná (Poleno et al. 2009), protože na rozsáhlých holinách nelze počítat s levnější variantou v podobě samovolné obnovy původních dřevin (Repáč, Belko 2020). Prioritou se proto stává umělá výsadba, která zajistí návrat lesa. Ta může být provedena na celé ploše nebo jen částečně, s doplněním o přirozený nálet (Martiník et al. 2021).

2. Cíle práce

Cílem bakalářské práce je za použití vhodných metod zjistit, jakým prostokořenným či krytokořenným sazenicím (semenáčkům) borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) vysazeným na oglejených kalamitních plochách v 6. lesním vegetačním stupni se po uplynutí jedné vegetační doby nejvíce daří a které období je na výsadbu nejvhodnější.

Samotné výsadby se uskutečnily v listopadu 2024, březnu 2025 a dubnu 2025, každé zalesňování proběhlo do samostatné oplocenky. Při každém zalesňování bylo využito vždy více druhů sadebního materiálů různých výškových tříd (viz **Tab. 2**), které byly vždy vysazeny do 15 ploch o rozměrech 15 × 15 metrů. Před výsadbou vždy došlo k testování kvality a fyziologického stavu sadebního materiálu.

Měřeny byly po uplynutí vegetační doby parametry výšky, ročního přírůstu a tloušťky kořenového krčku. Dále byl posuzován zdravotní stav a mortalita jednotlivých výsadeb.

Výstupem je, jaký sadební materiál se nejvíce hodí na tyto oglejené plochy na kalamitních holinách v 6. lesním vegetačním stupni.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- Měřením zjistit výšku, výškový přírůst a šířku kořenového krčku.
- Posoudit zdravotní stav jedinců na plochách.
- Zjistit mortalitu jednotlivých druhů sazenic.
- Analyzovat podle přírůstů a mortality, které období se nejvíce hodí na výsadbu.
- Analyzovat, který druh sadebního materiálu se nejvíce hodí do těchto podmínek.

3. Literární rešerše

3.1 Základní charakteristika druhu

Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) je jeden z nejrozšířenějších druhů nahosemenných cévnatých rostlin v Evropě s velkým ekologických a hospodářským významem v lesních ekosystémech. V současnosti se jedná v České republice o nejzastoupenější druh z čeledi *Pinaceae*, jelikož borovice tvoří 16 % porostní zásoby lesů a v budoucnu se doporučuje stromové borovice zachovat v lesích se zásobou přibližně 13,2 % (MZe 2023).

V České republice se jedná o domácí druh, který datujeme až do období glaciálu. Má velmi širokou ekologickou amplitudu, a proto je schopna růst na velmi rozmanitých stanovištích.

3.2 Popis druhu

Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) dosahuje v průměru výšky 23–27 m, na pro ni nejlepších stanovištích dorůstá až 40 metrů, avšak při extrémních podmínkách vytváří nízké stromy s pokrouceným kmenem a větvemi, na nejextrémnějších podmínkách může mít až keřový charakter (Praciak et al. 2013). Výrazný kulový kořen s hojně větvícími bočními kořeny tvoří spolu poměrně mohutný kořenový systém s dobrým ukotvením v půdě, proto je považována za zpevňující dřevinu (Poleno et al. 2009). Kmen je charakteristický svými barvami: u země jej chrání silná, hluboce rozpraskaná šedohnědá borka, která v horní části přechází do tenké, oranžově rezavé kůry odlupující se v šupinách. Mladé výhonky (letorosty) jsou holé a zelenohnědé, starší pak získávají šedohnědý odstín. Špičaté jehlice vyrůstají ve dvojicích na zkrácených větvičkách (brachyblastech). Dosahují délky až 8 cm, šířky 2 mm a jsou typicky mírně spirálně stočené. Doba opadu jehlic se pohybuje okolo 2–3 let. Pupeny jsou protáhle vejčité, špičaté a bez pryskyřice (Koblížek 2006).

Borovice je jednodomá dřevina, avšak občas dojde k převládání šištic jednoho pohlaví. Doba květu se pohybuje od dubna do června, poprvé přibližně od 15. roku života (na slunci i dříve, v zápoji později). Dozrávání semen probíhá v druhém roce po opylení během října a listopadu. Samovolně vypadávají po otevření šišek v březnu a dubnu třetí rok po opylení. Téhož roku začnou opadávat i prázdné šišky. K větší úrodě semen (tzv. semenný rok) dochází každý 3. a 6. rok (Koblížek 2006). Průměrná hmotnost

1 000 ks semen je 6,3 g, přičemž v 1 kg je přibližně 159 000 semen. Životaschopné může zůstat semeno při správném uskladnění až 15 let (Musil, Hamerník 2007; Poleno et al. 2009).

3.3 Taxonomie druhu

Borovice lesní se vyznačuje mimořádnou proměnlivostí. Existuje více než 140 popsaných poddruhů a forem, přičemž jen z hlediska zeměpisného rozšíření rozlišujeme asi 22 variet. Odborníci tento druh dělí různými způsoby: například podle klimatu na borovici severní, stepní a horskou (Svoboda 1953), nebo podle morfologických znaků na konkrétní variety jako *sylvestris*, *lapponica* či *mongolica* (Businský 1999).

Pro lesnickou praxi je klíčové dělení podle tvaru kmene, koruny a kvality dřeva – takto vznikly pojmy jako borovice Třeboňská nebo Týnišťská. V přírodě se navíc borovice lesní může křížit s jinými druhy, například s borovicí blatkou nebo kleči (Poleno et al. 2009).

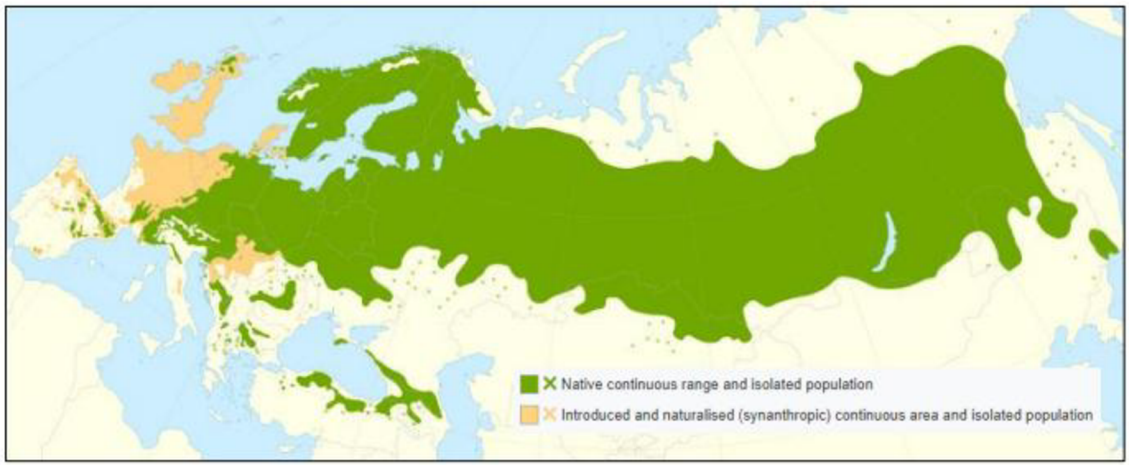
3.4 Historie druhu na území ČR

Výskyt borovice lesní na našem území se datuje již od doby ledové (glaciálu). Tehdy v nižších polohách spolu s břízou a lískou vytvářela typický ráz středoevropských lesů (Horsák, Chytrý 2010). Klimatické změny v Atlantiku však přinesly rozvoj smíšených doubrav a na chladnějších stanovištích expanzi smrku. Tlak na borovici zesílil zhruba před 4 000 lety, kdy se ve středních polohách začaly masivně šířit konkurenčně silné dřeviny – buk a jedle.

Tyto dřeviny postupně vytlačily světlomilnou borovici na extrémní stanoviště, kde jim mohla konkurovat. V období epiatlantiku se tak borovice stáhla do lokalit, jako jsou skalní výchozy, rašeliniště či chudé písky. Díky obtížné přístupnosti zůstala tato místa často ušetřena zásahů člověka (Mikeska et al. 2008). Současné přirozené výskyty borovice tak můžeme považovat za relikty z raného postglaciálu, které se zachovaly tam, kde jiné druhy kvůli půdním podmínkám neuspěly.

3.5 Rozšíření druhu

Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) se nachází na význačné části Eurasie, navíc má v porovnání s ostatními borovicemi největší areál na světě. Areál vede od Atlantiku přes Evropu a Sibiř až téměř k Pacifiku, prakticky tedy od severozápadní části Pyrenejského ostrova (5° z. d.) až k Ochotskému moři (140° v. d.) Na 37° s. š. v pohoří Sierra Nevada se nachází její nejjižnější bod a nejsevernější se nalézá ve Skandinávii, kde jde až za severní polární kruh (70° s. š.) k hranici tundry a lesotundry (Apltauer et al. 2020; **Obr. 1**).



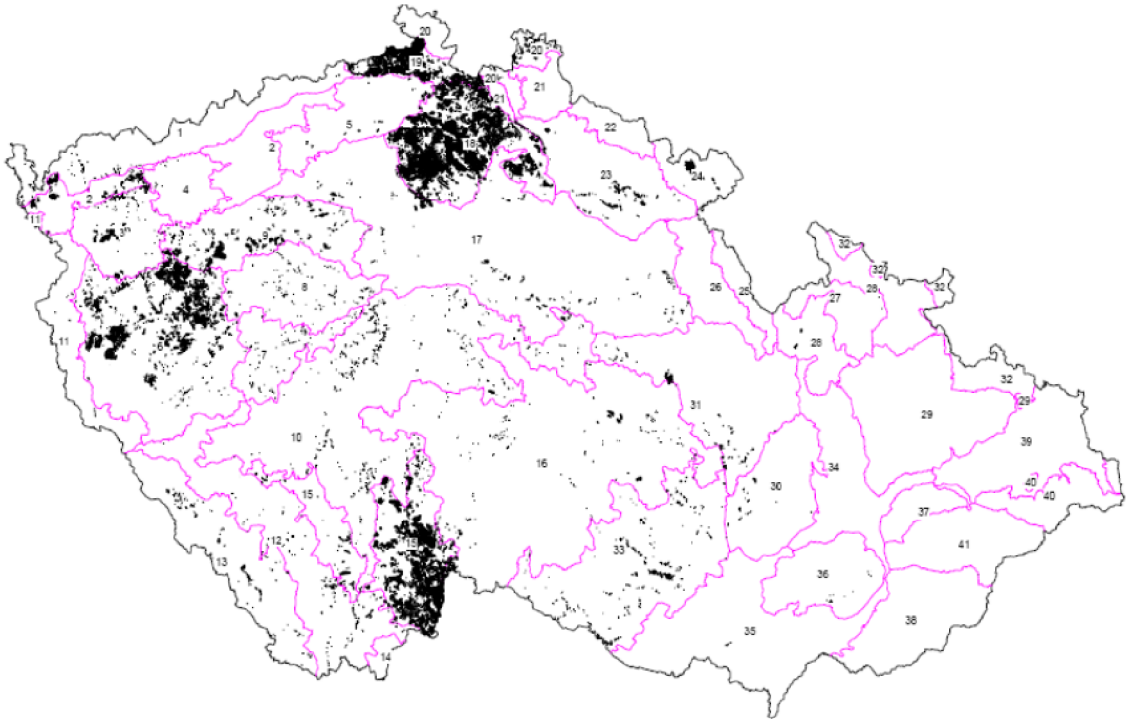
Obr. 1: Mapa borovice lesní dle *Chorologické mapy hlavních dřevin Evropy* (Caudollo et al. 2017)

Na základě takto velikého rozšíření je jasné, že druh musí být velmi ekologicky plastický, proto Svoboda (1953) klasifikuje borovici lesní do tří klimatických typů. **Severská borovice** je typicky nížinná a její souvislý areál sahá od Labe až na východ Sibiře. **Stepní forma** se vyskytuje v užším, nesouvislém pásu podél jihovýchodní hranice Evropy a jižní Sibiře, přičemž toleruje i zasolené půdy lesostepí. **Horská borovice** pak roste izolovaně v horských oblastech na extrémních stanovištích, od suchých svahů po rašeliniště.

Na území České republiky se původní borovice zachovala pouze ostrůvkovitě na specifických reliktních stanovištích. Její výskyt sahá od písečných přesypů v Polabí až po balvanité svahy u Plešného jezera ve výšce 1070 m n. m. Zatímco přirozené zastoupení borovice by mělo činit pouze 3,4 %, její skutečný podíl v českých lesích je v současnosti více než čtyřnásobný (Mikeska et al. 2008, MZe 2021).

Výskyt borů je z hlediska přírodních lesních oblastí (PLO) následující: 18. Severočeská pískovcová plošina a Český ráj (36,63 %), 15. Jihočeské pánve (19,73 %),

6. Západočeská pahorkatina (17,14 %) a 19. Lužická pískovcová vrchovina (11,78 %). S význačně nižším zastoupením se setkáme ve všech ostatních PLO, lze to vidět na **Obr. 2**



Obr. 2: Zastoupení přirozených borů (lesní vegetační stupeň 0 – bory) v ČR (GIS – ÚHÚL Brandýs n. L. 2005)

3.6 Významné ekotypy v ČR

V rámci lesnického hospodaření byly vymezeny populace borovice lesní (*Pinus sylvestris L.*) do samostatných ekotypů. Charakteristické pro tyto populace jsou jak růstové podmínky, tak kvalita dřeva. V České republice rozlišujeme čtyři takto významné ekotypy borovice lesní: nížinnou, chlumní, náhorní a horskou. V rámci těchto ekotypů jsou navíc popsány významné regionální varianty (Mikeska, 2008):

- Nížinný ekotyp (1.–2. LVS): borovice Týnišťská.
- Chlumní ekotyp (3.–4. LVS): borovice Třeboňská, Heraltická, Západočeská (Borská, Manětínská, Rozvadovská atd.).
- Náhorní ekotyp (5.–6. LVS): borovice Šumavská, Adršpašská, Ruprechtická, Lánská, Ranská.

- Horský ekotyp (7. LVS): borovice Stožecká, Voglandská, hadcových lokalit (Slavkovský les).

Tyto ekotypy jsou v ČR tak důležité, že jejich přenosy jsou speciálně omezeny, a to následujícím způsobem:

- v případě náhorního ekotypu borovice lesní je povolen přenos mezi 5.–7. LVS bez omezení a zároveň je přípustný přenos z 5. LVS do 4. LVS;
- není přípustný přenos chlumního ekotypu borovice lesní z 1.–4. LVS do oblasti výskytu náhorního ekotypu od 5. LVS výše (vyhláška č. 456/2021 Sb.).

3.7 Ekologické nároky borovice lesní

Soulad mezi nároky dřevin a podmínkami stanoviště je rozhodující pro zdravotní stav lesa, kvalitu růstu i celkový objem produkce. Tyto přírodní podmínky přitom člověk může ovlivnit jen minimálně. Zatímco celkový areál rozšíření dřeviny je dán zeměpisnou polohou a podnebím, na konkrétním místě rozhodují detailní faktory: vlastnosti půdy (typ, humus), místní klima (teplota, vlhkost, vítr) a charakter terénu (sklon svahu, expozice ke světovým stranám) (Lexa et al. 1952).

Kritické je toto působení zejména v mládí, kdy je limitujícím faktorem především klima; s přibývajícím věkem se však odolnost a tolerance stromů postupně zvyšuje (Poleno et al. 2007).

Borovice lesní je kvůli svému areálu adaptována na velmi široký klimatický rozsah. Vyžaduje délku vegetační doby 90–200 dnů, roční úhrn srážek od 200 mm do 1 780 mm a průměrnou roční teplotu mezi 5 a 9 °C. Dobře snáší mrazy, ale i suchou a chudou půdu na extrémních stanovištích. Na těchto plochách je schopná vytvářet monokultury, protože zde nemá přirozenou konkurenci (Mikeska et al. 2008).

3.7.1 Nároky na světlo

Borovice lesní se řadí mezi pionýrské dřeviny. Je výrazně světlomilná a velmi těžko toleruje zastínění (Vacek et al. 2022). V období preboreálu borovice rychle osídlila většinu střední Evropy. Později ji však z úrodnějších stanovišť vytlačily konkurenčně silnější stinné dřeviny. Charakter jejího růstu závisí na prostoru: osamoceně rostoucí stromy (solitéry) vytvářejí mohutnou korunu pro maximální příjem světla. Naopak

v hustém lese (v zápoji) borovici odumírají spodní větve, které však často zůstávají suché na kmeni. Schopnost snášet stín má borovice pouze v nejranějším mládí, zhruba do 10 let věku (Holuša, Holuša 2000).

3.7.2 Nároky na půdu

Pokud jde o živiny, je borovice lesní velmi nenáročná. Nedostatek živin v chudých půdách dokáže částečně kompenzovat větším příjmem světla, což zefektivňuje její fotosyntézu. Díky této schopnosti přežívá i na extrémních místech, jako jsou kamenná moře nebo skalní štěrbiny (Musil, Hamerník 2007).

Přestože by se borovici nejlépe dařilo na hlubokých, vlhkých a hlinitopísčitých půdách, v těchto ideálních podmínkách neobstojí v konkurenci silnějších druhů, zejména buku (Mikeska 2006). V přírodě ji proto nacházíme převážně na chudých, mělkých a suchých stanovištích – ať už na píscích, silikátech, vápencích či hadcích. Zde často tvoří jedinou stromovou vegetaci, kterou dané prostředí uživí (Musil, Hamerník 2003)

Půdy borů jsou převážně písčité až štěrkové, propustné, vysýchavé a kyselé typu podzol arenický, případně kambizem dystrická arenická. Nejextrémnější podklady jsou litozemě a ranker podzolový a regozem arenická. Na stanovištích ovlivněných vodou jde o kambizem oglejenou dystrickou arenickou, podzol arenický oglejený až glejový, podzol glejový arenický histický a kalonický, glej histický arenický podzolovaný. Na přechodových rašelinách s podzemní vodou se vyskytuje organozem fibrická, místy organozem glejová, podzol histický arenický glejový. Jen v ojediněle se vyskytujících bazifilních borech se nachází rendzina modální, kambická, suťová či ranker modální (Vacek et al. 2022).

3.7.3 Nároky na vodu

Borovice lesní disponuje mohutným kořenovým systémem, jehož základem je silný kůlový kořen. Ten v běžných podmínkách zasahuje do hloubky 1,5 až 3 metry, v suchých písčitých půdách však může pronikat ještě hlouběji. Kůlový kořen je doplněn bočními kořeny, které se stáčejí směrem dolů, a sítí horizontálních kořenů v povrchové vrstvě půdy do 20 cm (Musil, Hamerník 2003).

Díky této stavbě je borovice obvykle velmi odolná vůči suchu. V posledních letech však vlivem klimatických změn klesá hladina podzemní vody tak výrazně, že i borové porosty začínají chřadnout, a to jak na původních, tak na nepůvodních stanovištích. Nejohroženější jsou stromy na propustných písčitých půdách, kde se srážková voda

neudrží (Merlin et al. 2015). Naopak borovice dobře snáší i trvalé zamokření, proto je dle platné legislativy (vyhláška č. 298/2018 Sb.) vedena jako hlavní dřevina pro podmáčená a oglejená stanoviště.

3.8 Konkurenceschopnost

V porovnání s ostatními dřevinami má borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) výrazně nižší konkurenční schopnost. Její porosty jsou typické světlým zápojem, který propouští dostatek slunce pro masivní rozvoj přízemní vegetace (zabuřenění). V takovém prostředí se světlomilné semenáčky borovice jen velmi obtížně ujímají a rostou (Korpeľ et al. 1991).

Bez zásahu člověka vznikají ideální podmínky pro obnovu borovice obvykle až v důsledku přírodních disturbancí. Jedná se například o stavy po lesních požárech, silném opadu jehličí nebo erozi spojené s degradací půdy, kdy je potlačena konkurenční vegetace (Kessner 2009).

3.9 Zpevňující a meliorační funkce

Díky kůlovému kořenu, který standardně dosahuje hloubky 1,5–3 metry, a silným bočním kořenům je borovice lesní vysoce odolná vůči větru a netrpí na vývraty (Musil, Hamerník 2003). Výjimkou jsou stanoviště s trvale vysokou hladinou podzemní vody nebo silně kamenité půdy; v těchto podmínkách se růst kořenů zastavuje, což stabilitu stromu snižuje (Kösler et al. 1968). Borovice se často využívá ke zpevňování nestabilních terénů, jako jsou kamenná moře nebo písečné přesypy, kde je schopna vytvářet specifické chůdovité kořeny.

Z melioračního hlediska je však její význam omezený. Borový opad se rozkládá pomalu a vytváří převážně surový humus (formu mor), pouze v příznivějších podmínkách formu moder (Kacálek et al. 2017).

3.10 Škodliví činitelé na borovici lesní na území ČR

3.10.1 Abiotické ohrožení

V roce 2023 dosáhla nahodilá těžba objemu 5,9 mil. m³, přičemž abiotické činitele se na ní podílely 43 % (2,54 mil. m³). Poškozeny byly především starší jehličnaté porosty (VÚLHM 2024).

Ačkoliv je borovice za běžných podmínek vůči suchu odolná, v poslední době dochází na řadě lokalit k jejímu kalamitnímu chřadnutí. Tento negativní jev postihuje nejen přirozeně suchá stanoviště, ale i místa, kde došlo k výraznému poklesu hladiny podzemní vody. Odumírání borovic se přitom týká všech věkových tříd (Soukup, Pešková 2004).

Pro křehké dřevo borovice je velkou hrozbou těžký sníh s jinovatkou, který má vliv na časté vrcholové zlomy či polámané větve (Úřadníček, Riedmiller 2009). Pokud nedojde k úhynu jedince, tyto zlomy jsou posléze otevřenou branou pro vstup houbových chorob.

Na stanovištích s přirozeně vysokou hladinou podzemní vody nevytváří borovice plně vyvinutý kořenový systém, což vede k její snížené stabilitě a menší odolnosti vůči větru (Poleno, Vacek 2009).

Dřevina rovněž negativně reaguje na znečištěné ovzduší, a proto hůře prosperuje v průmyslových oblastech či velkých městských celcích (Musil, Hamerník 2007). Výzkum z bezzásahových území na extrémních stanovištích navíc prokazuje, že synergické působení vysokých koncentrací oxidu siřičitého (SO_2) a horkého, suchého počasí představuje pro borovici kritickou zátěž, která se negativně odráží na jejím přírůstu (Vacek et al. 2017).

V roce 2022 proběhl jeden z největších lesních požárů na našem území v Národním parku České Švýcarsko a bylo při něm zasaženo kolem 1 600 Ha (Berčák et al. 2023). Je téměř jisté, že kvůli změně klimatu se na území ČR požárům nevyhneme, a proto je potřeba připravit se na zvýšená rizika jejich vzniku (Pau et al. 2023). Lesní požáry jsou samozřejmě likvidační pro téměř všechny porosty, nejen ty borové.

3.10.2 Biotické ohrožení

V roce 2023 tvořila nahodilá těžba 5,9 mil m^3, z toho byl podíl biotických činitelů 57 % tedy 3,36 mil. m^3. K tomuto podílu došlo převážně na starších jehličnatých porostech (VÚLHM 2024).

3.10.3 Houbové patogeny

Asimilační aparát borovic je ohrožován řadou sypavek, jejichž typickým projevem je postupné žloutnutí až hnědnutí jehlic a jejich následná nekróza (odumírání) vlivem rozvoje houbového mycelia. Mezi nejfrekventovanější patogeny na našem území patří sypavka borová (*Lophodermium pinastri* Schrad.), napadající stromy všech věkových tříd, a sypavka borovicová (*Lophodermium seditiosum* Minter), která preferuje mladší jedince. Ochrana spočívá především v prevenci, například odstraňováním infekčního opadu či aplikací fungicidů (Pešková, Čížková 2015).

Významným patogenem je rovněž červená sypavka borovice (*Mycosphaerella pini* Rostr.). Původně byla klasifikována jako karanténní zavlečený druh (z Maďarska), avšak od roku 1999 je její výskyt na území ČR plošný (Kapitola et al. 2011). Rozvoj sypavek obecně akceleruje zvýšená vlhkost, což představuje riziko zejména v lesních školkách (Šrůtka 2003); do kultur se pak infekce často šíří prostřednictvím napadeného sadebního materiálu (Jankovský 2003).

Dalším závažným činitelem je houba *Sphaeropsis sapinea*. Primárně atakuje borovici černou (*Pinus nigra* J.F. Arnold), ale byla detekována na více než 35 druzích rodu *Pinus* a jiných jehličnanech, přičemž její agresivita stoupá v teplejších oblastech (Soukup, Pešková 2004). Napadá jak starší fyziologicky oslabené stromy, tak mladé výsadby, což vede ke ztrátě vitality a potenciálnímu úhynu (Zwolinski et al. 1990).

Infekce zasahuje rostoucí letorosty; při časném napadení odumírají ještě nevyrašené výhony. Při částečném poškození v následujícím roce vyrůstají jehlice zkrácené až o polovinu. Charakteristickým příznakem je masivní prosmolení terminálního pupene (Palovčíková 2008).

Ve středním a vyšším věku jsou porosty ohroženy rzí borovou (původci *Cronartium asclepiadeum* a *Endocronartium pini*). Následkem infekce dochází k prosychání až odumírání vrcholků (tzv. suchovrškovitost). Na bázi kmene či větví je patrný silný výron pryskyřice, doprovázený prosmolením kůry a povrchových vrstev dřeva (Poleno et al. 2009).

Dále pak rez sosnokrut (*Melompsora populnea* Pers.), která ohrožuje mladé borovice ve školkách a výsadbách. Při opakovaném napadení dochází až k úhynu jedinců. I když přežijí, zůstává růstová deformace (esovité zkroucení, metlovitost, nižší kvalita, košatění) (Soukup 1999).

Kořenový systém napadá václavka (*Armillaria* spp.) nebo kořenovník vrstevnatý (*Heterobasidion annosum* spp.), avšak jen v zanedbatelném množství. Na přirozených borových stanovištích je kvůli jejich podmínkách výskyt těchto patogenů minimální (Lygis et al. 2004). Při umělé obnově však mohou hrát roli v dalším pěstování borových porostů (Palovčíková 2008).

Kornice borová (*Cenangium feruginosum* Fr.) je většinou příležitostný parazit, avšak pokud dojde k oslabení porostu, dokáže poté způsobit i velké odumírání. Rychle se aktivizuje na oslabených borovicích, které pak zahubí. Bývá častěji ve starších porostech (Pešková, Soukup 2011).

3.10.4 Hmyzí škůdci

Hmyzí škůdci bývají na borovici většinou až jako sekundární škůdce, avšak kvůli změně klimatu a nedostatku vody jsou borovice častěji oslabené, a to pro škůdce vytváří ideální podmínky (Brichta et al. 2024). Když dojde k napadení podkorním hmyzem, borovice sníží podíl chlorofylu v buňkách až o 18 %, čímž zpomalí celkový přírůst jedinců (Soudek et al. 2024).

Klikoroh borový (*Hylobius abietis* L.) patři do čeledi nosatcovitých (*Coleoptera: Curcolionidae*) a je to nejvýznamnější primární škůdce na borovici lesní. Nejvíce škodí na umělých výsadbách do 2 let, na přirozené obnově však škodí minimálně (Zahradník 2013). Nejvíce poškozují dospělci žírem mladých kultur tvořených jehličnany. Dospělci dosahují velikosti 10–14 mm. Škodí čočkovitým žírem na kmínkách sazenic, když se snaží dostat k lýku, čímž přeruší proudění živin přes vodivá pletiva. Takto napadené sazenice jsou oslabené a při silném napadení mohou i uhynout, jinak roní pryskyřici nebo se zakřivují (Längstorm et al. 2004). Klikoroh nejvíce škodí na umělé obnově po velkých holosečích. Napadá jednoleté borovice a modříny, smrky spíše až tříleté (Dvořáková et al. 2024).

Tento druh je veden na seznamu kalamitních škůdců České republiky, a tedy má zaštítěnou kontrolu i obranná opatření ve vyhlášce. Při napadení lze hovořit o kalamitním stavu, pokud je na ploše napadeno silně více jak 20 % sazenic, takto napadané sazenice poté odumírají (Vyhláška č. 236/2000 Sb.).

Asimilační orgány starších porostů jsou náchylné k napadení širokým spektrem hmyzích škůdců. K nejvýznamnějším defoliátorům patří housenky sosnokaze borového (*Panolis flammea* Schiffermüller) a tmavoskvrnáče borového (*Bupalus piniaria* L.). Při jejich

přemnožení (gradaci) dochází k masivnímu úbytku jehličí, který může vyústit až v holožír.

Společenstvo škůdců dále doplňují lišaj borový (*Sphinx pinastri* L.) a bourovec borový (*Dendrolimus pini* L.). Vyskytovat se zde může i bekyně mniška (*Lymantria monacha* L.), ačkoliv dle literatury (Sierpińska 1998) představuje borovice pro tento druh spíše atypického hostitele.

Z kůrovců nalézáme na borovici lýkožrouta vrcholkového (*Ips acuminatus*), kterého objevíme ještě na smrku i modřínu. Napadá vrcholky stromů a slabší větve. Má hvězdicovitý požerek.

Z lýkohubů (*Tomicus*) lze uvažovat o lýkohubu menším (*Tomicus minor* Hartig) a lýkohubu sosnovém (*Tomicus piniperda* L.), jenž je závažnější a škodí na silnějších částech kmene. Lýkohub menší (*Tomicus minor*) se orientuje především na korunové části stromů a slabší kmeny, kde způsobuje žír (Koudelková 2023).

V lesních školkách a mladých kulturách představují vážné riziko ponravy chrousta obecného (*Melolontha melolontha* L.). Tyto larvy ožírají kořenový systém sazenic, což vede k jejich značnému poškození a často až k celkovému úhynu (Zahradník 2013). Škodí však i dospělí brouci, kteří mohou způsobit úplnou defoliaci (holožír). Svou aktivitu přitom soustředí zejména na okraje porostů a horní partie korun (Serbskaja 1960).

3.10.5 Ostatní škůdci

Zvěř působí na borovici několika druhy poškození. Okusem, kdy dochází k okusu mladých pupenů a výhonů. Může docházet k okusu terminálnímu, který je závažnější, nebo bočnímu. Škody působené zvěří na kůře a lýku rozlišujeme podle ročního období. O **ohryzu** hovoříme v době vegetačního klidu, kdy stromem neproudí míza. Naproti tomu **loupání** vzniká ve vegetačním období, kdy je míza v pohybu a kůra jde snadno oddělit. Specifickým typem poškození je **vytloukání**, při kterém se samci spárkaté zvěře zbavují odumřelého lýčí na nově narostlém paroží (Uhlířová 1996).

Borovici lesní napadá také poloparazitická rostlina jmelí bílé (*Viscum album* L.), která v korunách vytváří charakteristické, desítky let přežívající trsy (Rubcov 1984). Silná infekce jmelím má vážné dopady: snižuje tloušťkový i výškový přírůst, zhoršuje technickou kvalitu dřeva a zvyšuje náchylnost hostitele k dalším škůdcům. V extrémních případech vede až k předčasnému úhynu stromu (Varga et al. 2012).

3.11 Význam borovice lesní

3.11.1 Produkční funkce

Borovice lesní je jedna z nejdůležitějších dřevin v České republice. Je to druhá nejvíce zastoupená dřevina s podílem 16 % (MZe 2023).

Dřevo borovice je poměrně měkké a má nízkou hustotu. V syrovém stavu je to 820 kg/m^3 a v suchém 550 kg/m^3. Má hnědé jádro a běl je spíše do žluta, takže dřevo působí esteticky. Hůře se štípe, je nerovnoměrné a křehké, avšak má dobrou pružnost a také velikou trvanlivost. Má skvělé vlastnosti ve vodě, a proto je často používáno ve vodních stavbách (Musil 2003).

Dle aktuálních statistických dat (ČSÚ 2025) se průměrné ceny sortimentů borovice lesní pohybují v následujících hladinách: nejkvalitnější výřezy třídy III. A/B dosahují ceny 1 959 Kč/m³, třída III. C se obchoduje za 1 893 Kč/m³ a třída III. D za 1 605 Kč/m³. V případě dříví nižších kvalitativních tříd je cena stanovena na 914 Kč/m³ za vlákninu (V. třída pro výrobu buničiny) a 985 Kč/m³ za dříví palivové (VI. třída).

Nejběžnější výrobky z borovice jsou dveřní a okenní rámy, parkety, lišty. Uplatní se i v truhlářství či stavebnictví, dále okrajově na kolejové pražce a elektrických sloupech (Musil 2003).

V roce 2022 vyprodukovaly lesní školky 71 935 285 ks sadebního materiálu. Největší odběr má sadební materiál ve věku jeden rok. Díky nim se zalesnilo 2 944 ha holin, což je 7,4 % plochy. Borovice je tedy momentálně čtvrtá nejčastěji obnovovaná dřevina po smrku, buku a dubu (MZe 2022).

3.11.2 Mimoprodukční funkce

Díky svým kořenům je borovice skvělý kandidát na zpevňování strmých svahů a kamenných sutí (Wittich 1948). Na extrémních stanovištích plní ochrannou funkci, protože zde jiné dřeviny nedokáží růst. Například u lokality s písečným podložím se dá hovořit o jediné hlavní dřevině pro tvorbu lesa (Musil, Hamerník 2007). Na takto extrémních stanovištích má pozitivní dopad také opad borovice lesní, který vytváří humusové vrstvy typu mor a moder a zároveň pomáhá obohacovat půdu o důležité makroprvky.

3.12 Obnovní postupy

Pro volbu konkrétních postupů jsou rozhodující velikost holiny a stanovištní podmínky, které jsou diferenciované podle souboru lesních typů (SLT). I na stanovištích, která jsou pro borovici přirozená, je potřeba vnášet alespoň minimální (20 až 30 %) podíl listnatých dřevin pro zlepšení stability, produkce a posílení meliorační funkce (Peřina 1960).

V době globálních klimatických změn je vhodné dodržovat zásadu tří hlavních dřevin v poměru 30 : 30 : 30 a minimálně jedné přimíšené dřeviny, ve směsi jehličnatých i listnatých dřevin (Vacek et al. 2022a). Na chudých přirozených borových stanovištích však tato zásada není možná, je totiž potřeba vycházet z ekologických nároků borovice lesní v daných stanovištních poměrech (Brichta et al. 2023). Podstatné je vypěstování vhodného sadebního materiálu po morfologické, fyziologické či genetické stránce (Martincová 1995). Od vyzvednutí ve školce po zasazení je třeba pečlivě dbát na správnou manipulaci se sadebním materiálem i na vlastní proces sázení a technologii zalesňování (Martincová 1988).

Z hlediska plošného zastoupení v ČR dominuje borovice lesní v Cílovém hospodářském souboru (CHS) 23, který zahrnuje kyselá stanoviště nižších poloh (edafické kategorie K a M). Její podíl zde dosahuje až 44 %.

Významný podíl zaujímá také v CHS 27 na chudých oglejených půdách nižších a středních poloh. Přirozeně příznivé podmínky pro růst borovice nabízejí i CHS 13 (přirozená borová stanoviště), exponovaná stanoviště nižších poloh v rámci CHS 21 a podmáčená chudá stanoviště zařazená do CHS 39 (Poleno et al. 2009).

3.12.1 Holosečný způsob

Následuje po vytěžení všech či většiny stromů na ploše a vzniká tím holina. Tím však dojde k narušení mikroklimatu a hrozí nebezpečí eroze a ztráty živin. Avšak kulturám borovice se zde díky svým ekologickým nárokům poměrně daří a rostou zde rychleji (Poleno et al. 2009).

Dle ustanovení zákona o lesích (č. 250/2025 Sb.) je maximální výměra holé seče při úmyslné mýtní těžbě na přirozených borových stanovištích stanovena na 2 ha. Mimo přirozená borová stanoviště je to 1 ha. Šířka seče je limitována charakterem stanoviště: na exponovaných lokalitách nesmí přesáhnout průměrnou výšku těženého porostu, na ostatních stanovištích je povolena šíře do dvojnásobku této výšky.

3.12.2 Násečný způsob

Je kombinací holosečného a podrostního způsobu. Na ploše se vytěží všechny stromy, avšak pouze do jedné průměrné výšky porostu. Velikost může stále být až jeden hektar (Poleno 1998). Pro obnovu borovice se doporučuje využít přípravu půdy, která podporuje schopnost semenáčků se ujmout (Béland et al. 2000).

Dobré je, aby na sebe jednotlivé náseky postupně navazovaly. Rozdíl jednotlivých náseků se většinou pohybuje okolo 10 let. Směr postupu je dobré volit proti bořivým větrům. Tento způsob hůře snáší stínomilné druhy, kvůli slunci z jihu a stále poměrně velkému vlivu světla (Peřina et al. 1964).

3.12.3 Podrostní způsob

Hojně se u borovice uplatňuje v severských zemích v boreálních lesích (Oleskog et al. 2000). Základ je narušení půdního povrchu, čímž se zlepší podmínky pro klíčení a zmenší se hustota keřového patra. Poté musí dojít k rozvolnění mateřského porostu, z důvodu přístupu světla (Bílek et al. 2018). Ze začátku hraje velkou roli konkurence o vodu. S věkem postupně borovice vyžaduje výrazně více vody a světla (Bílek et al. 2017). Takže pokud bylo prvním uvolňovacím zásahem sníženo zakmenění na 0,7, je potřeba do 2 až 3 let u borovice snížit zakmenění na 0,5 (Poleno, 1999b).

Dle Polena et al. (2009) dělíme fáze clonné seče následovně:

- **Přípravná**: příprava porostu, ponechání kvalitních jedinců a odstranění nevhodných, zakmenění se po zásahu pohybuje mezi 0,9 a 0,7.
- **Semenná**: nejlépe v semenném roce, s cílem snadného vzejití semen, které ještě chrání mateřský porost, zakmenění má po zásahu hodnotu 0,7 až 0,5.
- **Prosvětlovací**: probíhá 3 až 5 let po vyklíčení, nálet musí být odolný, zakmenění se po zásahu pohybuje mezi 0,4 a 0,2.
- **Domýtná**: už není třeba ochrany semenáčků, nárost má výšku 0,5 až 1 m, probíhá dotěžení zbytků, lze však některé jedince ponechat.

3.13 Umělá obnova

Většina borů u nás se zakládá uměle, protože přirozená obnova je na zabuřeněných půdách složitá (Poleno et al. 2009). Je specifická na přirozených borových stanovištích, vyžaduje se dodržovat kvalitu sadebního materiálu a kvalitu manipulace. Je potřeba dbát

i na kvalitu, ekotyp, množství a velikost sadebního materiálu. Velmi záleží také na technologii výsadby a kvalitě provedených prací (Poleno et al. 2009).

Volba dřevin se řídí podle vymezených cílových hospodářských souborů (CHS), které stanovuje vyhláška č. 298/2018 Sb., o zpracování oblastních plánu rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů. Pro lokalitu je možné využít několik různých kombinací postupů a dřevin. Je především třeba zohlednit aktuální stav plochy, která se musí obnovit (Burda et al. 2016). Minimální počty při výsadbě jsou stanoveny vyhláškou 456/2021 Sb., na 8 000 kusů na hektar obnovované plochy.

Při zalesňování menšími sazenicemi (semenáčky) se doporučuje upravit hektarové počty a zakládat kultury hustší. Je žádoucí navýšit počty až o 20 % vůči minimálním počtům (Burda et al. 2016).

Pokud je porost založen technologicky správně, nevyžaduje zvláštní péči a je třeba ho chránit už jen proti biotickým škůdcům, jako jsou klikoroh, zvěř a buřeň (Slodičák et al. 2013).

3.14 Přirozená obnova

U borovice probíhá cloně či náseky (Plíva 2000). Zmlazení má větší šanci na úspěch, pokud dojde k narušení půdy a bude dostatečný přísun světla (Jurča 1988). U borovice ve srovnání se smrkem obnova začíná později, avšak postup má rychlejší. Probíhá na větších plochách a cílem je vytváření co nejméně rozrůzněných porostů (Poleno et al. 2009).

Úspěšná iniciace přirozené obnovy je podmíněna souběhem několika faktorů. Základním předpokladem je dostatečný opad semen v semenném roce a příznivý stav půdního povrchu umožňující klíčení. Vedle makroklimatických podmínek hraje klíčovou roli i specifické porostní mikroklima a snížené proudění vzduchu (Poleno et al. 2009).

Hlavní benefity přirozené obnovy:

- **Adaptace:** Nový porost je od počátku fyziologicky přizpůsoben mikroklimatu daného stanoviště.
- **Genetika:** Je zajištěna vysoká genetická diverzita a kontinuita osvědčené (autochtonní) populace.

- **Ekonomika:** Výrazná úspora nákladů na umělou obnovu a následnou výchovu.
- **Kvalita kořenů:** Nedochází k deformacím kořenového systému, které jsou časté u sázených stromků.
- **Odolnost:** Přirozené zmlazení vykazuje nižší poškození zvěří (Poleno et al. 2009).

3.15 Posouzení vhodnosti dřevin a volba velikostních parametrů sadebního materiálu

Při volbě dřeviny pro obnovu lesního stanoviště se lesník opírá o legislativní předpisy, zejména o lesní zákon a vyhlášku č. 298/2018 Sb., která definuje cílové hospodářské soubory (CHS). I když zákon nabízí různé alternativy a kombinace obnovných postupů, konečné rozhodnutí by mělo zohledňovat také aktuální stav lokality. Klíčovými faktory jsou především vlhkostní poměry, vegetační kryt, stav sousedních porostů a potenciál přirozeného náletu cílových dřevin (Burda et al. 2016).

Pro suchá písčitá stanoviště po těžbě jsou ideální menší sazenice (10–14 cm, 15–25 cm). Díky kvalitnímu pěstování ve školkách mají optimální poměr kořenů k nadzemní části, což jim umožňuje lépe snášet sucho a lépe se ujímat na exponovaných plochách. Vzhledem k nízkému zabuřenění těchto lokalit nehrozí malým rostlinám konkurence okolní vegetace. Lze využít jamkovou i štěrbinovou technologii.

Při výsadbě menších sazenic se však doporučuje zvýšit hustotu výsadby (množství sazenic na hektar) až o 20 % nad zákonné minimum. Pravidelný (např. čtvercový) spon pak napomáhá dřívějšímu zapojení porostu, které je u menších sazenic přirozeně pozvolnější (Burda et al. 2016).

U oglejených, podmáčených a rašelinných lokalit s výskytem borovice lesní je nejvhodnější volit sazenice střední výškové třídy (26–35 cm). Tyto rostliny jsou dostatečně silné a robustní, aby úspěšně konkurovaly buřeni, která na těchto stanovištích představuje hlavní překážku pro zdárnou obnovu lesa. Vzhledem k charakteru stanoviště a velikosti sadebního materiálu je nezbytné provádět výsadbu do jamek, a to buď ručně, nebo s využitím půdních vrtáků (Poleno et al. 2009).

3.16 Technologie výsadby

3.16.1 Štěrbinová výsadba pomocí sazeče

Tato technologie využívající sazeč patří v lesnické praxi k velmi oblíbeným postupům, a to zejména díky své časové nenáročnosti a s tím spojeným nízkým nákladům. Princip metody spočívá ve vytvoření úzké štěrbiny, do níž se vkládají kořeny sazenic, přičemž je následně nezbytné štěrbinu uzavřít opakovaným vpichem přibližně 5 cm od původního otvoru. Tento vedlejší vpich se musí pečlivě zašlapat, aby se předešlo vzniku vzduchových kapes a následnému vysychání kořenového systému. Štěrbinová výsadba nachází uplatnění především na vysychavých či mělkých stanovištích a v lokalitách s vysokým podílem kamení a skeletu v horní vrstvě půdy. Pro tento postup je ideální využívat menší výškové třídy materiálu v rozmezí 15 až 35 cm, zejména u dřevin s kůlovým a málo větveným kořenem, jako je borovice lesní. Používají se především semenáčky nebo sazenice pěstované metodou podřezávání, jejichž kořenový systém se do štěrbiny vejde bez nežádoucích deformací či ohýbání. Je však nutné dbát na to, aby kořeny směřovaly vždy svisle dolů, a proto nelze tuto technologii aplikovat u velkých sazenic s rozložitými kořeny (Poleno et al. 2009).

3.16.2 Jamková výsadba pomocí sekeromotyky

Jamková výsadba představuje dodnes nejčastěji využívaný technologický postup při obnově lesa, který spočívá v ruční přípravě jamek o rozměrech 25 × 25 cm pro menší sadbu a 35 × 35 cm pro sazenice větší. Jamka musí být vždy prokopána po celé své ploše a minimálně do hloubky, která odpovídá délce kořenového systému vysazované rostliny. Tato metoda je generacemi lesníků důkladně prověřena a vykazuje stabilně pozitivní výsledky jak při první obnově lesa, tak při následném vylepšování kultur. Její velkou předností je univerzálnost, neboť umožňuje výsadbu prakticky všech kategorií sadebního materiálu, pokud se rozměr jamky adekvátně přizpůsobí velikosti kořenů (Poleno et al. 2009).

3.16.3 Výsadba pomocí půdních vrtáků

V současné době se stále častěji prosazuje motomanuální příprava jamek pomocí půdních vrtáků, která s sebou přináší několik významných provozních předností. Tato mechanizovaná metoda výrazně omezuje riziko nekvalitně provedené ruční práce, neboť lesní hospodář získává větší jistotu, že byl půdní profil pro každou sazenici řádně připraven. Velikost jamek lze snadno měnit volbou průměru vrtáku (zpravidla 12, 15 či

20 cm) podle mohutnosti kořenové soustavy, což minimalizuje riziko deformací, protože kořeny lze do volného prostoru jamky snadno nasměrovat dolů. Výhodou je také možnost předvrtat jamky i několik dní před samotnou výsadbou, což však neplatí pro podmáčená stanoviště, kde by mohlo dojít k jejich zaplavení spodní vodou. Pro vrtáky o průměru 12 cm se obvykle doporučují sazenice o výšce 36 až 50 cm. Celý postup respektuje biologické potřeby dřevin, zajišťuje přímý kontakt kořenů s minerální zeminou a podporuje rychlý start růstu, čímž se snižují budoucí náklady na ochranu kultury před buření (Poleno et al. 2009).

3.17 Termín výsadby

Vhodná doba na jaře pro výsadbu prostokořenných sazenic je, když nejsou ve fázi plného růstu, tedy v čase mezi rozmrzáním půdy do vyvinutí pupenů. U krytokořenných sazenic lze dobu na výsadbu prodloužit, pokud nemrzne nebo není velké sucho (Poleno et al. 2009). Hlavní hrozbou při jarní výsadbě je jarní sucho (Barzdajn et al. 2016).

Pokud je prováděna pozdní letní a podzimní výsadba, je třeba počítat s riziky příliš suché půdy a časných mrazů (Barzdajn 2006). Výhodou může být, že sazenice před zimou zakoření a začne na jaře růst bez šoku z přesazení (Barzdajn et al. 2016).

3.18 Výchova porostů

Výchova lesních porostů zahrnuje veškeré pěstební zásahy realizované v předmýtním věku (Poleno et al. 2009). U borovice je reakce na uvolnění pozvolnější a vyžaduje citlivý přístup. Příliš radikální zásahy mohou vést k redukci celkového přírůstu. Naopak nedostatečná intenzita výchovy (slabé zásahy) vytváří v mladých porostech nevhodné mikroklima, které podporuje rozvoj houbových patogenů. Primárním cílem těchto opatření je tedy optimalizace kvality a zvýšení odolnosti porostu (Slodičák, Novák 2007).

Borovice lesní, jakožto výrazně světlomilná dřevina, vykazuje v mladém stádiu rychlou růstovou dynamiku. Kulminace výškového přírůstu nastává velmi časně, již mezi 10. a 15. rokem věku. Rovněž běžný přírůst objemový vrcholí relativně brzy, okolo 30. roku. Své produkční optimum nachází tento druh na lehkých hlinitopísčitých půdách (Poleno et al. 2009).

3.18.1 Péče o nárosty a kultury

Nejranější výchovné zásahy (prostřihávky) ve věku 4 až 5 let se realizují pouze výjimečně a zaměřují se na eliminaci předrostlíků a obrostlíků (Novák et al. 2017). Standardní počátek výchovy spadá do věku 7–9 let (resp. do výšky porostu 2 m). První zásah se provádí s nízkou intenzitou (7–10 %) a prioritou zůstává odstranění nevhodných dominantních jedinců. V případě úspěšné stabilizace porostu lze další vstupy plánovat v desetiletých intervalech. Ve fázi mlaziny je kritické udržení vyššího zakmenění (hustoty), aby se zamezilo nadměrné sukatosti kmenů (Poleno et al. 2009).

U porostů do výšky 5 m se intenzita prořezávky zvyšuje na cca 25 %, přičemž se kombinuje schematický (řadový) výběr se zdravotním výběrem ve zbývající části. Další zásah následuje při výšce okolo 10 m, kdy se uplatňuje negativní výběr v podúrovni s cílem dosáhnout hustoty cca 3 500 ks/ha (Vacek et al. 2022). Z hlediska stability a biodiverzity je žádoucí ponechávat v porostu přimíšené dřeviny (Draštík et al. 2022). Vyšší počet jedinců na hektar navíc zvyšuje odolnost proti mokrému sněhu. Celkově by měly do 30 let věku proběhnout 3 až 4 výchovné zásahy (Kovář et al. 2013).

3.18.2 Probírky

Výchovné zásahy se v tomto stadiu musí opírat o individuální přístup zaměřený na stromy v úrovni a nadúrovni. Podúrovňová složka porostu se zpravidla neupravuje, neboť zde nadále probíhá proces samovolné regulace. Okolo 50. roku věku nastává klíčová fáze determinace nejkvalitnějších (cílových) jedinců, jejichž růst a stabilitu aktivně podporujeme odstraněním přímých konkurentů (Vacek et al. 2022).

Součástí pěstební strategie je rovněž příprava na budoucí mýtní těžbu a obnovu. Tomu je nutné přizpůsobit prostorové uspořádání porostu, včetně údržby přibližovacích linek a cílené podpory fenotypově kvalitních stromů, které poslouží jako zdroj osiva pro přirozené zmlazení (Kovář et al. 2013).

3.18.3 Zásahy v porostech s opožděnou výchovou

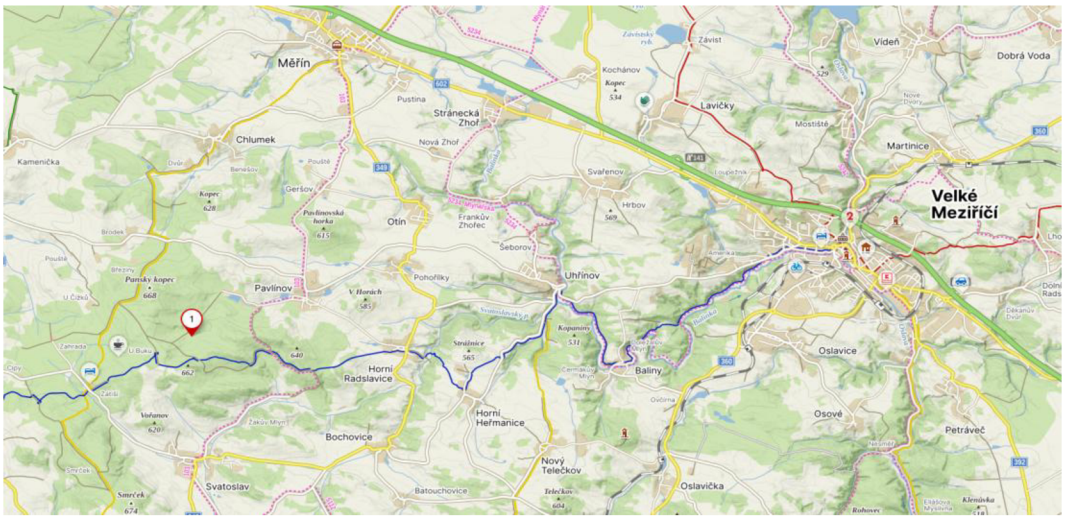
Specifický postup vyžadují porosty, kde byla do výšky 10 metrů výchova zanedbána (realizovaly se pouze minimální či žádné zásahy). V takovém případě je nepřípustné odstraňovat předrostlíky, neboť by došlo k nebezpečnému rozvolnění zápoje, což by přímo ohrozilo stabilitu a produkční základnu porostu. Výchovná strategie se proto omezuje na slabé zásahy negativního charakteru, prováděné v podúrovni. Důležitá je však vyšší frekvence těchto zásahů, ideálně v intervalu 5 až 7 let. Teprve po stabilizaci

porostu a zlepšení jeho stavu lze plynule přejít k metodě kladného výběru (Slodičák, Novák 2007).

4. Metodika

4.1 Charakteristika území

Lokalita se nachází na LS Třebíč na oglejeném stanovišti SLT 6O. Jedná se o bývalý porost 105 B 4, který byl zničen kůrovcovou kalamitou. Nadmořská výška se pohybuje v 602 m (**Tab. 1**). Na zkoumané ploše byly postaveny tři oplocenky, kdy každá z nich má velikost 0,4 ha. Situační mapa s lokalitou je zobrazena na **Obr. 3**.



Obr. 3: Lokalizace experimentálních ploch na LS Třebíč (zdroj: www.mapy.com)

Tab. 1: Přehled základních stanovištních parametrů experimentálních výzkumných ploch na LS Třebíč

1	Třebíč	49.3404150N, 15.8494161E	599	4	5O/5V	stagnoglej modální	kamenitý až hlinito-kamenitý sediment
2	Třebíč	49.3397947N, 15.8489656E	604	3	5O/5V	stagnoglej modální/ luvizem oglejená	kamenitý až hlinito-kamenitý sediment
3	Třebíč	49.3395622N, 15.8498639E	610	5	5O/5B	stagnoglej modální	kamenitý až hlinito-kamenitý sediment

4.2 Lesní správa Třebíč

Lesní správa (LS) obhospodařuje celkem 15 923,3 ha státního lesa, který je administrativně rozdělen do 13 revírů. Celková výměra zájmového území v katastru činí 96 137 ha. Kromě správy státního majetku zajišťuje LS také výkon funkce odborného

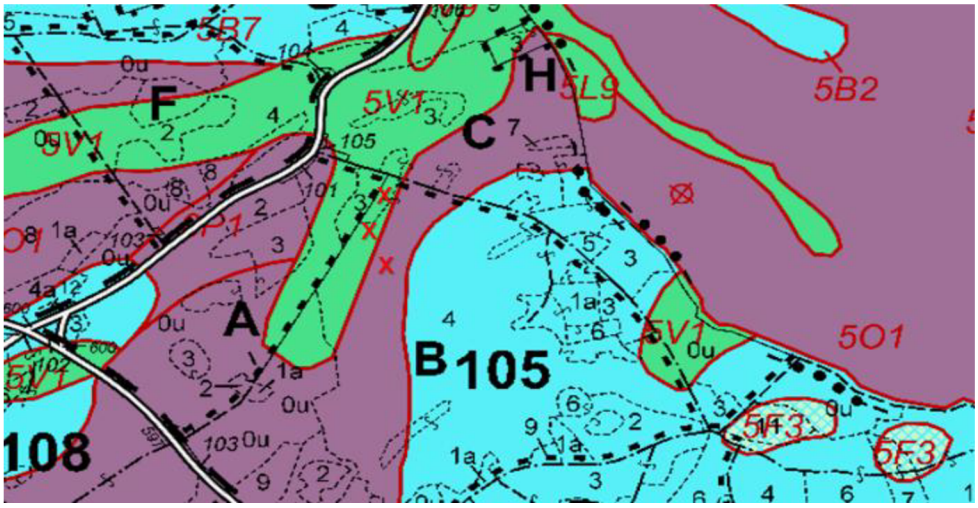
lesního hospodáře (OLH) pro 4 604 soukromých vlastníků na ploše 5 799 ha. Hospodaření probíhá v souladu s platným Lesním hospodářským plánem (LHP) pro decennium 2020–2029.

Historie správy je od roku 1984 poznamenána opakujícími se živelními kalamitami. Situace eskalovala po roce 2015, kdy oblast zasáhla čtyřletá perioda extrémního sucha a nadprůměrných teplot. Klimatický stres vedl k oslabení smrkových a borových porostů a následné masivní kůrovcové gradaci. Rozpad lesa a vznik rozsáhlých holin si vynutily zásadní revizi hospodářských strategií v LHC Třebíč.

Geograficky je území vymezeno nadmořskou výškou od 275 m n. m. u Tulešic (výtok řeky Rokytné) po 711,2 m n. m. na vrcholu Mařenka v Křižanovské vrchovině, což je nejvyšší bod okresu Třebíč. Z hlediska ochrany přírody se zde nacházejí tři Evropsky významné lokality (EVL) soustavy Natura 2000: Jedlový les a údolí Rokytné, Řeka Rokytná a Údolí Jihlavy.

V druhové skladbě převažují jehličnany (61 %) nad listnáči (39 %). Dominantní je smrk (27 %) a borovice (24 %), dále modřín a dub zimní (18 %) a buk (5 %). Srážkové poměry jsou ovlivněny stínem Českomoravské vrchoviny, s gradientem od 650–700 mm na severozápadě po 500 mm na jihovýchodě. Průměrná teplota se pohybuje mezi 7 a 8 °C.

Realizace projektu: Plánovaná výsadba v rámci LS Třebíč je lokalizována na revír Svatoslav-Zátiší. Stanovištně spadá do oblasti oglejených půd, konkrétně do přechodové zóny mezi Soubory lesních typů (SLT) 6O (jedlo-smrková bučina oglejená) a 5V (jedlo-buková bučina vlhká; **Obr. 4 a 5**). Schéma členění jednotlivých ploch pro vvýsadbu je uvedeno na **Obr. 6–8**.

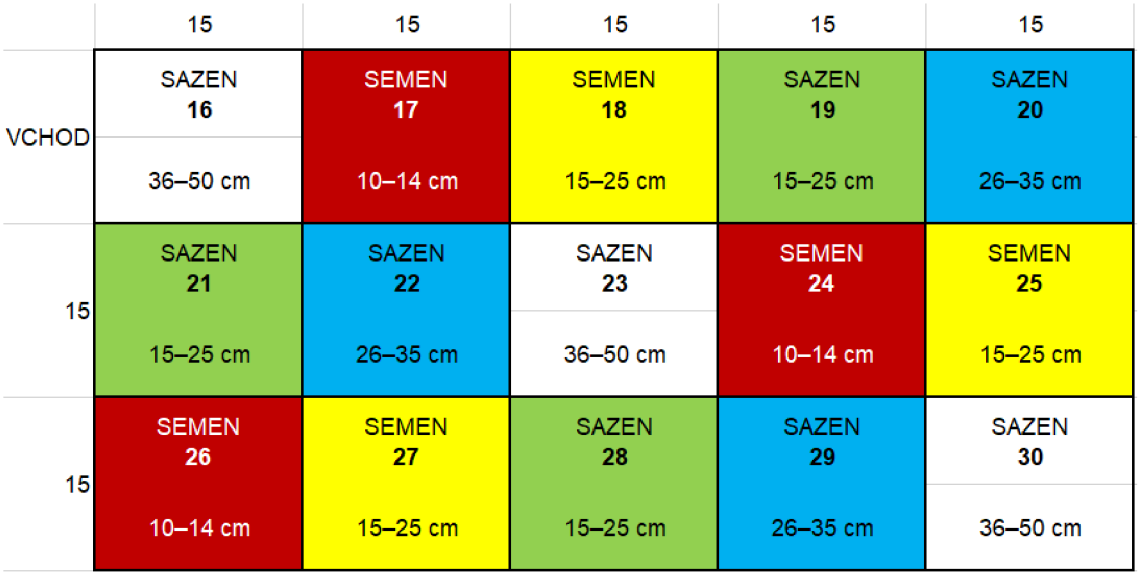


Obr. 4: Typologická mapa s širším celkem území, na němž se nachází plochy pro výsadbu borovice lesní, každá z nich je označena červeným X. (zdroj: nli.gov.cz)

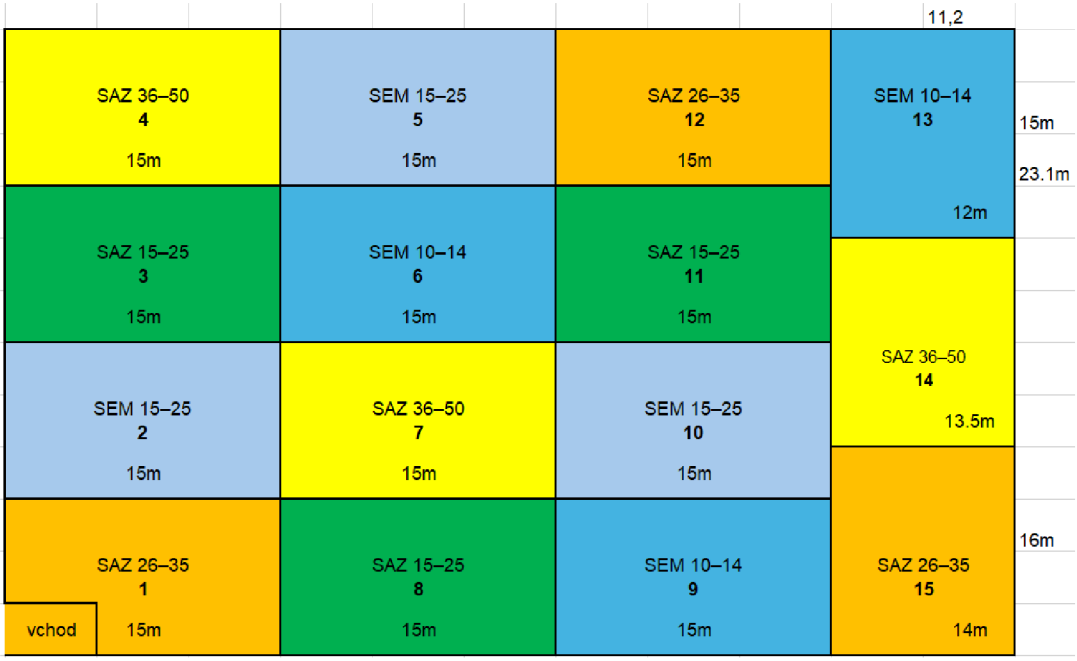
Obr. 5: Holina před výsadbou na LS Třebíč v SLT 5O – svěží smrková jedlina (foto: Zdeněk Vacek)

	15	15	15	15	15
15	26–35 cm **35**	15–25 cm **34**	26–35 cm **33**	10–14 cm **32**	15–25 cm **31**
15	15–25 cm **36**	10–14 cm **37**	15–25 cm **38**	26–35 cm **39**	10–14 cm **40**
VCHOD	10–14 cm **41**	26–35 cm **42**	10–14 cm **43**	15–25 cm **44**	26–35 cm **45**

Obr. 6: Schematické rozdělení první plochy, kdy na obrázku vidíme rozměry sadebního materiálu a číslo čtverce, ve kterém se nachází



Obr. 7: Schematické rozdělení druhé plochy, kdy na obrázku vidíme rozměry sadebního materiálu a číslo čtverce, ve kterém se nachází



Obr. 8: Schematické rozdělení třetí plochy, kdy na obrázku vidíme rozměry sadebního materiálu a číslo čtverce, ve kterém se nachází (oplocenka má atypický tvar, a proto musely být tři plochy vyznačené jinými rozměry, počet sazenic byl však dodržen)

4.3 Testování sadebního materiálu

Před zahájením samotné výsadby (přibližně 7–10 dní předem) proběhlo v rámci projektu hodnocení fyziologického stavu sadebního materiálu, aby byly z pokusu vyloučeny poškozené kusy. Tento proces zahrnoval měření několika klíčových parametrů na vzorcích o velikosti 15–20 kusů pro každou variantu materiálu. Pomocí tlakového přístroje PMS byl na prýtech zjišťován vodní potenciál pro odlišení rostlin v optimálním stavu od těch ve stresu, zatímco osmometr Vapro Wescor sloužil k měření osmotického potenciálu a osmolarity buněčné cytoplazmy u mladých jehlic.

Dále byla u kořenů sledována elektrická vodivost výluhů pletiv (REL) pomocí konduktometru Vernier, a to porovnáním vodivosti pletiv v čerstvém stavu a po jejich usmrcení. K analýze vodního sytostního deficitu (WD) na mladých prýtech se využívaly váhy s váživostí na 0,001 g, které určovaly množství vody chybějící do plného nasycení pletiv na základě hmotnosti čerstvého vzorku, nasyceného vzorku a sušiny. U krytokořenného materiálu byl navíc testován vliv povětrnostních podmínek na životaschopnost sazenic, a to konkrétně v den výsadby a po třídenní či sedmidenní expozici venkovním vlivům.

4.4 Výsadba a sběr dat

Pro zajištění validity experimentálních dat a eliminaci jedinců, kteří by mohli zkreslit výsledky pokusu, byla před zahájením výsadby provedena detailní analýza fyziologického stavu sadebního materiálu. Diagnostika se zaměřila primárně na kvantifikaci vodního stresu s využitím následujících metod: měření vodního potenciálu (tlaková komora PMS), stanovení osmotického potenciálu (osmometrie), určení vodního deficitu (WD) a gravimetrické stanovení obsahu vody v pletivech.

Pro komplexní posouzení vitality a detekci jiných typů poškození (nad rámec desikace) byla aplikována metoda měření relativní elektrické vodivosti výluhů z rostlinných pletiv (test vyplavování elektrolytů). Velikost zkušebního souboru je stanovena na minimálně 15–20 vzorků pro každou variantu sadebního materiálu.

Vlastní experimentální výsadba byla realizována na plochách o rozměrech 15 × 15 m v pěti opakováních, přičemž bylo striktně dbáno na doložitelný původ reprodukčního materiálu. Zakládání pokusných ploch proběhlo v úzké kooperaci s příslušnými lesními správami podniku Lesy ČR, s. p. Podrobnější informace ohledně designu a variant pokusu jsou uvedeny níže:

Termín výsadeb: listopad 2024, březen 2025, duben 2025.

Spon: 110 × 110 cm; velikost ploch 15 × 15 m; počet opakování: pět.

Varianty výsadeb: prostokořenný semenáček BO, prostokořenná sazenice BO, krytokořenný semenáček BO, krytokořenná sazenice BO.

Velikost (v cm): 10–14, 15–25, 26–35.

Kódy materiálu: 20130, 20135, 20140, 20145, 20240, 20245, 20250, 20255, 20260, 20265 (**Tab. 2**).

Počet sazenic: 8 100 ks; 45 ploch.

Zalesněná plocha: 1,1 ha.

Stanoviště: HS 57 – Hospodářství oglejených stanovišť vyšších poloh (SLT 5P, 6O).

Tab. 2: Použitý (zelená barva), standardní výsadby schopný materiál borovice lesní dle LČR, s. p.

Kód SaMa	Kód_DR	Dřevina	Druh SaMa	Obal.	Min. tloušťka krčku v mm	Rozpětí výšky v cm	Interní poznámka LČR
20130	20	BO	semenáček	prost.	3	10–14 cm	pěstované
20135	20	BO	semenáček	obal.	3	10–14 cm	pěstované
20140	20	BO	semenáček	prost.	4	15–25 cm	základní
20145	20	BO	semenáček	obal.	4	15–25 cm	základní
20240	20	BO	sazenice	prost.	4	15–25 cm	základní
20245	20	BO	sazenice	obal.	4	15–25 cm	základní
20250	20	BO	sazenice	prost.	5	26–35 cm	pěstované
20255	20	BO	sazenice	obal.	5	26–35 cm	pěstované
20260	20	BO	sazenice	prost.	6	36–50 cm	pěstované
20265	20	BO	sazenice	obal.	6	36–50 cm	pěstované
~~20380~~	~~20~~	~~BO~~	~~poloodr.~~	~~prost.~~	~~7~~	~~51–80 cm~~	~~NE běžný~~
~~20385~~	~~20~~	~~BO~~	~~poloodr.~~	~~obal.~~	~~7~~	~~51–80 cm~~	~~NE běžný~~

U jednotlivých variant výsadeb budou pomocí standardních biometrických metod každoročně na konci vegetační sezóny měřeny jednotlivé parametry sazenic (výška, roční přírůsty s přesností na mm, tloušťka kořenového krčku s přesností na 0,1 mm), rovněž bude hodnocena jejich mortalita a vitalita (olistění a další charakteristiky), a to ve statisticky dostatečných počtech, čemuž nicméně odpovídá rozsah zalesnění.

K výsadbě byly využity následující technologie zalesňování – štěrbinová výsadba pomocí sazeče a výsadba pomocí půdního vrtáku viz **Obr. 9** a **10**.

Dne 20. dubna 2025 proběhla na vybrané lokalitě instalace TMS dataloggeru (viz **Obr. 11**), který je určený k monitorování vzdušné teploty, půdní teploty a půdní vlhkosti. Zařízení využívá tři teplotní senzory umístěné v úrovních −6, +2 a +15 cm a jeden integrovaný senzor vlhkostní. Datalogger je vybaven vysokokapacitní lithiovou baterií s životností 10 až 14 let a disponuje rozsáhlou pamětí schopnou pojmout přes půl milionu měření. Při nastavení patnáctiminutových intervalů dokáže přístroj dlouhodobě zaznamenávat data v teplotním rozsahu od −60 do +85 °C.

Obr. 9: Výsadba krytokořenného sadební materiálu borovice lesní pomocí půdního vrtáku (jamkovače) (foto: Jakub Brichta)

Obr. 10: Výsadba prostokořenného sadebního materiálu pomocí sazeče (foto: Jakub Brichta)

Obr. 11: TMS datalogger nainstalovaný 20. dubna 2025 na vybrané lokalitě

4.5 Opatření po výsadbě

V rámci pěstebních opatření byla na všech lokalitách realizována celoplošná mechanická ochrana kultur proti buřeni pomocí motorových vyžínačů STIHL MS 461. Tento zásah byl během vegetační sezony 2025 proveden dvakrát, přičemž první vlna proběhla v období června a července a druhá následovala v srpnu a září. Práce zajistili členové projektového týmu.

4.6 Měření na výzkumných plochách

Na každé ploše probíhalo měření, kdy se měřila každá druhá řada výsadby a u 30 jedinců se změřila tloušťka kořenového krčku. Všechna data se zaznamenávala, aby mohla být posléze zpracována.

4.6.1 Měření výšky

Měření celkové výšky sazenice probíhalo pomocí skládacího metru s přesností na centimetry. Bylo nutné dbát na to, aby byl metr správně narovnaný, souběžný s kmínkem a začátek měření byl v oblasti kořenového krčku.

4.6.2 Měření výškového přírůstů

Probíhalo pomocí metru s přesností na milimetry. Měřila se délka posledního terminálního letorostu neboli délka, o kterou sazenice přirostla za minulou vegetační sezónu do výšky. Pokud byl terminální výhon pokroucený, bylo třeba ho narovnat.

4.6.3 Měření tloušťky kořenového krčku

Realizace proběhla za pomoci posuvného měřítka. Měřila se šířka s přesností na jednu desetinu milimetru. Měřený kořenový krček se nachází na místě, kde přecházejí kořeny ve stonek. Bylo nutné dbát na to, aby nedošlo k příliš silnému stlačení posuvného měřítka, protože by jinak mohlo dojít k přerušení vodivých pletiv, které by následně vedlo k úhynu sazenice.

4.7 Hodnocení zdravotního stavu

Zároveň s měřenými hodnotami byl posuzován zdravotní stav, cílem bylo vyhodnotit navíc ještě kvalitativně stav sazenic. Podle stavu byly zařazeny do kategorií od 1 do 4, za účelem určení celkového zdravotního stavu konkrétních sazenic, jakožto dalšího důležitého ukazatele vhodnosti sadebního materiálu.

Kategorie 1: V perfektním zdravotním stavu, jehličí má zdravě zelenou barvu. Sazenice vykazuje přírůst.

Kategorie 2: Sazenice je zdravá, má zachovanou růstovou vitalitu, avšak lze najít známky stresu. Vykazuje snížený přírůst oproti vitálnějším jedincům.

Kategorie 3: Sazenice v této kategorii má slabý růst a zhoršený zdravotní stav. Jehličí je výrazně žluté až hnědé, často opadává. Výškový přírůst je minimální, dřevina vykazuje známky postupného odumírání.

Kategorie 4: Zde jsou sazenice bez známek vitality. Jehličí zcela hnědé, nebo už odpadlé. Nevykazuje žádnou fyziologickou aktivitu. Tento údaj je potřeba pro výpočet celkové mortality.

Obr. 12: Zdravotní stav sazenic z umělé obnovy na experimentálních plochách byl vyhodnocován podle čtyř kategorií (zleva kategorie 1–4) (foto: Dominik Žilinský)

4.8 Výpočet mortality

Mortalita je jeden ze závažných ukazatelů pro posuzování vhodnosti konkrétní sazenice. Vypočet mortality se uskutečnil z podílu sazenic, které byly zařazeny do kategorie 4,

k počtu celkových změřených sazenic. Počítá se pro každou jednotlivou plochu, zároveň i pro každý jednotlivý druh sazenice.

5. Analýza dat

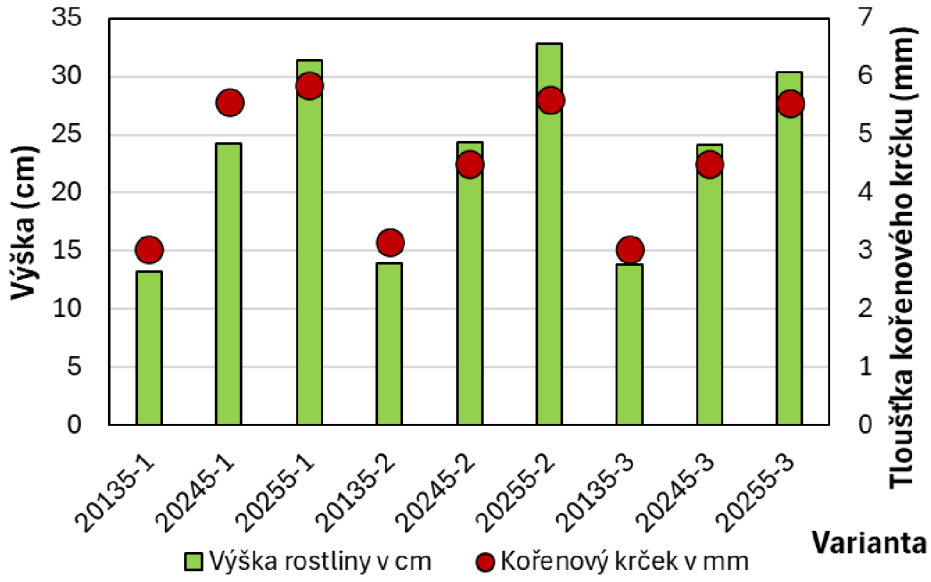
Statistické vyhodnocení dat týkajících se různých variant sadebního materiálu, stanovišť a termínů výsadby borovice lesní proběhlo v softwaru Statistica 13.1. Mezi hlavní sledované parametry patřily výška sazenic, tloušťka kořenového krčku, výškový přírůst, zdravotní stav a mortalita. Při testování rozdílů mezi jednotlivými variantami byl nejprve uplatněn Shapiro-Wilkův test normality a Bartlettův test shody rozptylů. V případech, kdy byla splněna normalita i homogenita rozptylu, byla využita analýza rozptylu (ANOVA) s následným Tukey HSD testem, zatímco při nesplnění těchto předpokladů byl zvolen neparametrický Kruskal-Wallisův test.

Pro zhodnocení komplexních vztahů mezi růstovými charakteristikami, zdravotním stavem a prostředím v závislosti na typu sadebního materiálu byla využita analýza hlavních komponent (PCA) v programu CANOCO 5. Vstupní data byla před výpočtem standardizována, centralizována a logaritmizována. Finální výsledky této analýzy byly následně interpretovány a prezentovány prostřednictvím ordinačních diagramů.

6. Výsledky

6.1 Fyziologické testování

V rámci fyziologického testování prošly hodnocením všechny typy sadebního materiálu borovice lesní. Většina materiálu vyhověla jak rozměrovým standardům, tak fyziologickým limitům životaschopnosti. Výjimku tvořila pouze časná jarní výsadba prostokořených sazenic (36–50 cm), u níž byly naměřeny kritické hodnoty (nadlimitní vodní deficit, extrémně vysoké záporné hodnoty osmotického potenciálu). Z tohoto důvodu byly nahrazeny krytokořennou variantou stejné velikosti, která již stanovené parametry splňovala. Z hlediska testovaných rozměrů, jak rozsahu výšek, tak i minimálních tlouštěk kořenového krčku, odpovídala údajům dle **Tab. 2.**

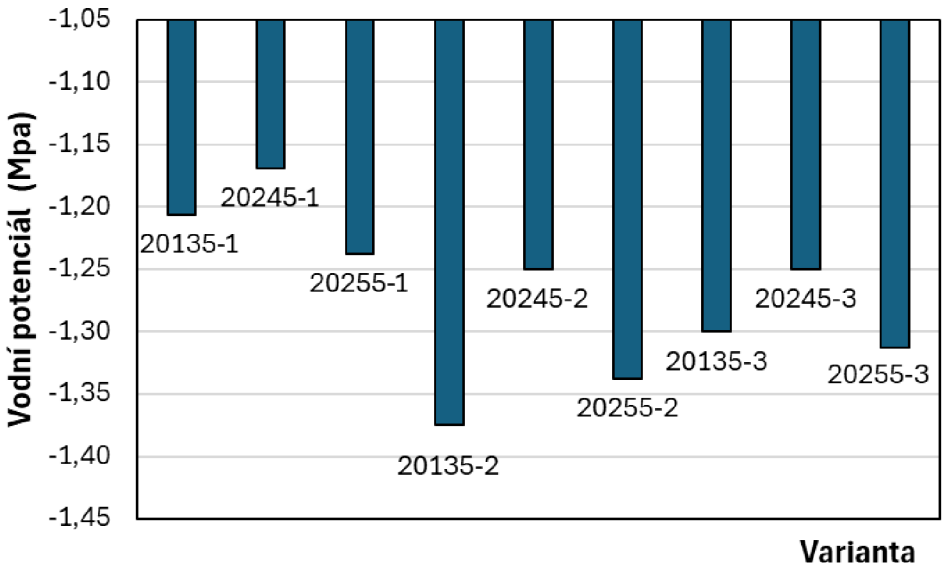


Obr. 13: Rozměry (výška a tloušťka kořenového krčku) testovaných semenáčků/sazenic borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) diferencovaně dle variant sadebního materiálu a termínu jeho stresování při povětrnostních podmínkách na holině (1. den – den výsadby, 3 dny ponechání na holině, 7 dní ponechání na holině) – podzimní výsadba

6.1.1 Vodní potenciál

Hodnocení vodního potenciálu (**Obr. 14**) vychází z principu, že čím méně negativní jsou naměřené hodnoty, tím lepší je fyziologický stav rostliny (např. −0,5 MPa značí lepší stav než −1,5 MPa). Optimální kondice dosáhla v den výsadby krytokořenná sazenice 15–25 cm s hodnotou −1,17 MPa. Nejslabší výsledky byly naopak zaznamenány u semenáčků 10–14 cm během druhého termínu měření. Pro výsadbu by vodní potenciál neměl klesnout pod −1,5 MPa, což je limit pro dostatečnou hydrataci; tuto podmínku

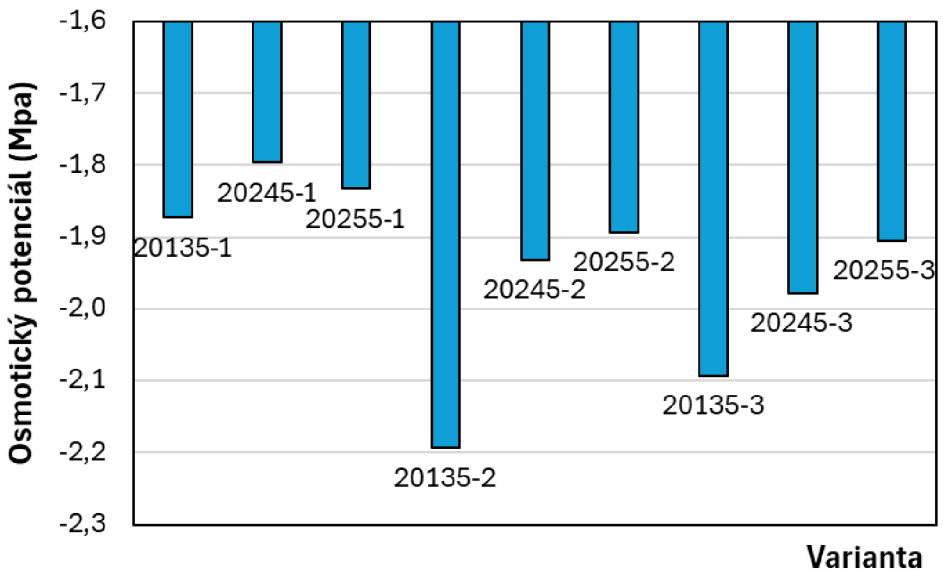
splnily všechny vzorky, a to i po týdenní expozici na holině. Kritická hranice ohrožující životaschopnost se pak pohybuje v rozmezí −2,0 až −3,0 MPa.



Obr. 14: Vodní potenciál testovaných semenáčků/sazenic borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) diferencovaně dle variant sadebního materiálu a termínu jeho stresování při povětrnostních podmínkách na holině (1. den – den výsadby, 3 dny ponechání na holině, 7 dní ponechání na holině) – podzimní výsadba

6.1.2 Osmotický potenciál

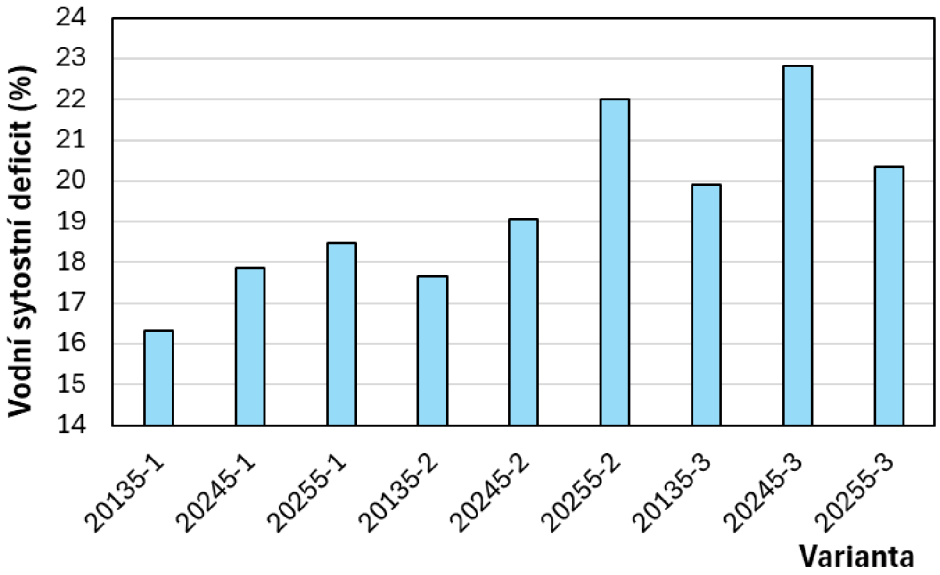
Také u osmotického potenciálu (**Obr. 15**) platí, že čím méně negativní jsou výsledné hodnoty (čím více se blíží k nule), tím příznivější je stav sazenic. V souladu s předchozím měřením vykazovala v den výsadby nejvyšší vitalitu varianta 20245 (−1,79 MPa), následovaná variantami 20255 (−1,83 MPa) a 20135 (−1,87 MPa). Naopak nejnepříznivější hodnoty byly opět naměřeny u semenáčků 10–14 cm ve druhém termínu testování (−2,19 MPa). Tato hodnota již spadá do kritického rozmezí −2,0 až −2,5 MPa, které indikuje velmi silný stres suchem či chladem, z něhož se rostlina jen obtížně regeneruje. U těchto semenáčků hrozí vysoké riziko úhynu již po třech dnech expozice na holině.



Obr. 15: Osmotický potenciál testovaných semenáčků/sazenic borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) diferencovaně dle variant sadebního materiálu a termínu jeho stresování při povětrnostních podmínkách na holině (1. den – den výsadby, 3 dny ponechání na holině, 7 dní ponechání na holině) – podzimní výsadba

6.1.3 Vodní sytostní deficit

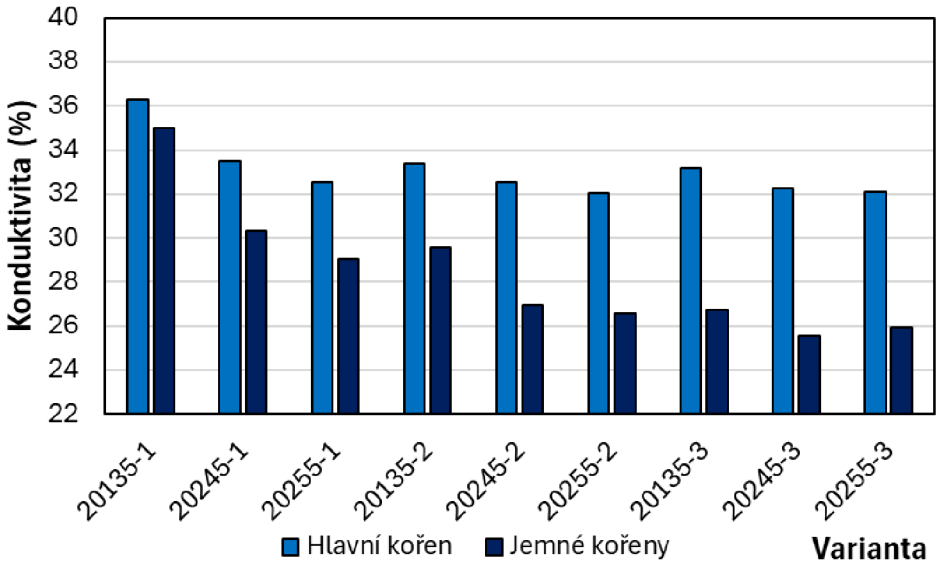
Klíčovým ukazatelem je rovněž vodní sytostní deficit (WD), který vyjadřuje množství vody chybějící do plného nasycení rostlinných pletiv (**Obr. 16**). Platí přímá úměra: čím nižší je hodnota WD, tím lepší je kondice rostliny. Nejnižší deficit byl naměřen u semenáčků 10–14 cm (16,3 %), následovaly sazenice 15–25 cm (17,9 %) a 26–35 cm (18,5 %). Naopak nejméně příznivých výsledků dosáhla varianta 20245 ve třetím termínu (22,8 %) a varianta 20255 ve druhém termínu výsadeb (22,0 %). Hodnoty nad 20 % již signalizují velmi silný stres. Obecně lze říci, že u všech sazenic jsou patrné známky mírného až značného vysychání, žádná však nepřekročila kritickou hranici 25 %.



Obr. 16: Vodní sytostní deficit (WD) testovaných semenáčků/sazenic borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) diferencovaně dle variant sadebního materiálu a termínu jeho stresování při povětrnostních podmínkách na holině (1. den – den výsadby, 3 dny ponechání na holině, 7 dní ponechání na holině) – podzimní výsadba

6.1.4 Konduktivita

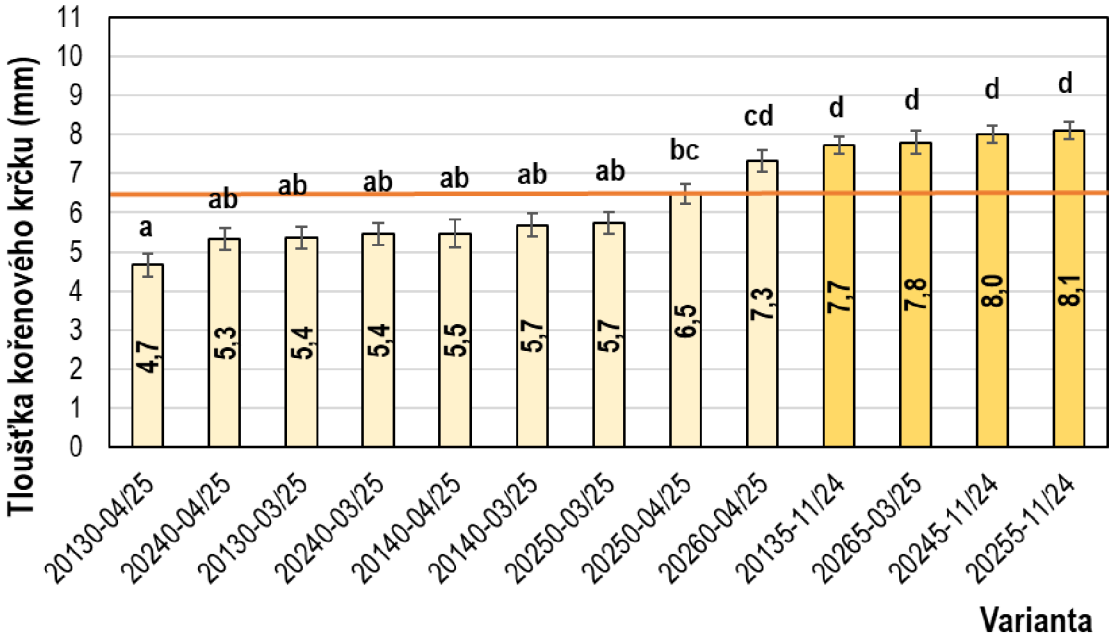
Relativní elektrická vodivost výluhů pletiv (REL) byla u jednotlivých variant sadebního materiálu měřena na hlavním kořeni i na jemných kořenech (**Obr. 17**). Vyšší hodnoty REL v tomto případě indikují vyšší vitalitu pletiv. Nejpříznivější výsledky vykázal v den výsadby krytokořenný semenáček 10–14 cm (hlavní kořen 36,3 %; jemné kořeny 35,0 %), následovaný sazenicí 15–25 cm (hlavní kořen 33,5 %; jemné kořeny 30,3 %). Nejslabší hodnoty byly naopak zaznamenány u sazenic 25–35 cm v posledním termínu testování (hlavní kořen 32,1 %; jemné kořeny 25,9 %). Expozice materiálu na holině měla výraznější dopad na jemné kořeny (pokles o 5,4 %), zatímco u hlavního kořene byl úbytek vitality minimální (1,6 %). Hodnoty kolem 30 % již signalizují známky poškození, což bylo patrné u všech jemných kořenů ve druhém a třetím termínu. Hranice 20 % představuje již kritickou mez odumření pletiv.



Obr. 17: Konduktivita testovaných semenáčků/sazenic borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) u hlavního kořene a jemných kořenů diferencovaně dle variant sadebního materiálu a termínu jeho stresování při povětrnostních podmínkách na holině (1. den – den výsadby, 3 dny ponechání na holině, 7 dní ponechání na holině) – podzimní výsadba

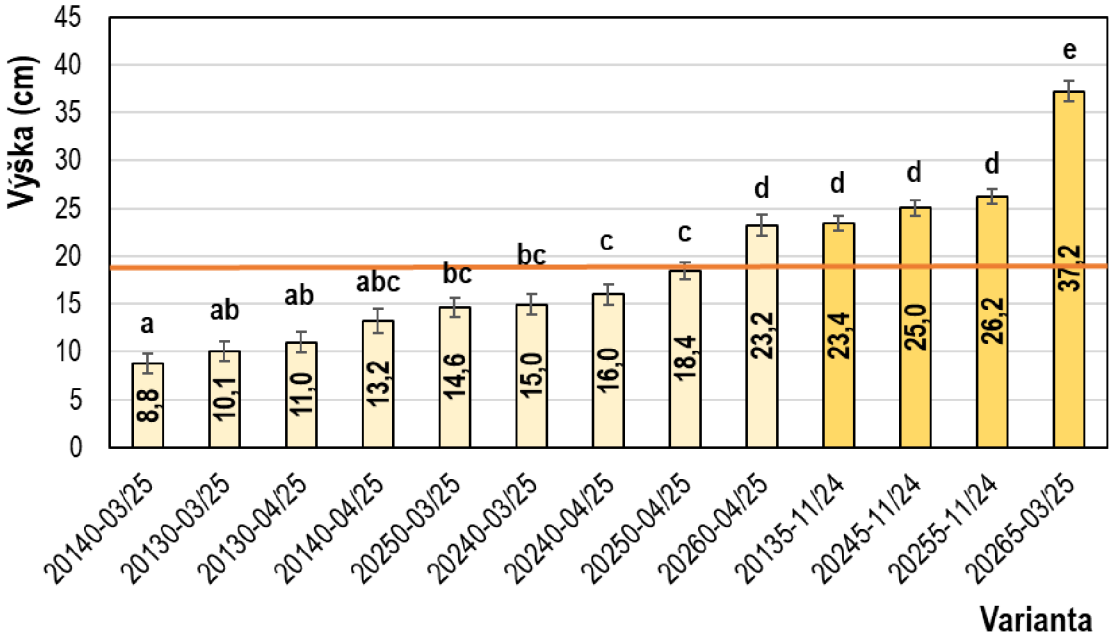
6.2 Dendrometrické parametry

Hodnocení dendrometrických znaků (výška a tloušťka kořenového krčku) potvrdilo významné rozdíly mezi testovanými variantami ($p < 0{,}001$; **Obr. 18**). Všechny sazenice splnily stanovené minimální rozměry tloušťky kořenového krčku. Na oglejených stanovištích dosáhly signifikantně největších tlouštěk krčku krytokořenné sazenice v kategoriích 36–50 cm a 26–35 cm. Nejnižší hodnoty byly naopak zaznamenány u prostokořenných semenáčků 10–14 cm a 15–25 cm. Mezi prostokořennými variantami se jako nejvíce dimenzovaná projevila sazenice 36–50 cm. Celkově vykazoval krytokořenný sadební materiál prokazatelně vyšší tloušťku kořenového krčku.



Obr. 18: Průměrná tloušťka kořenového krčku semenáčků/sazenic borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) diferencovaně dle variant sadebního materiálu a termínu výsadeb na oglejených stanovištích na LS Třebíč; signifikantní ($p < 0,05$) rozdíly mezi variantami jsou znázorněny rozdílnými písmeny; průměrná hodnota parametrů napříč všemi variantami je znázorněna červenou linií

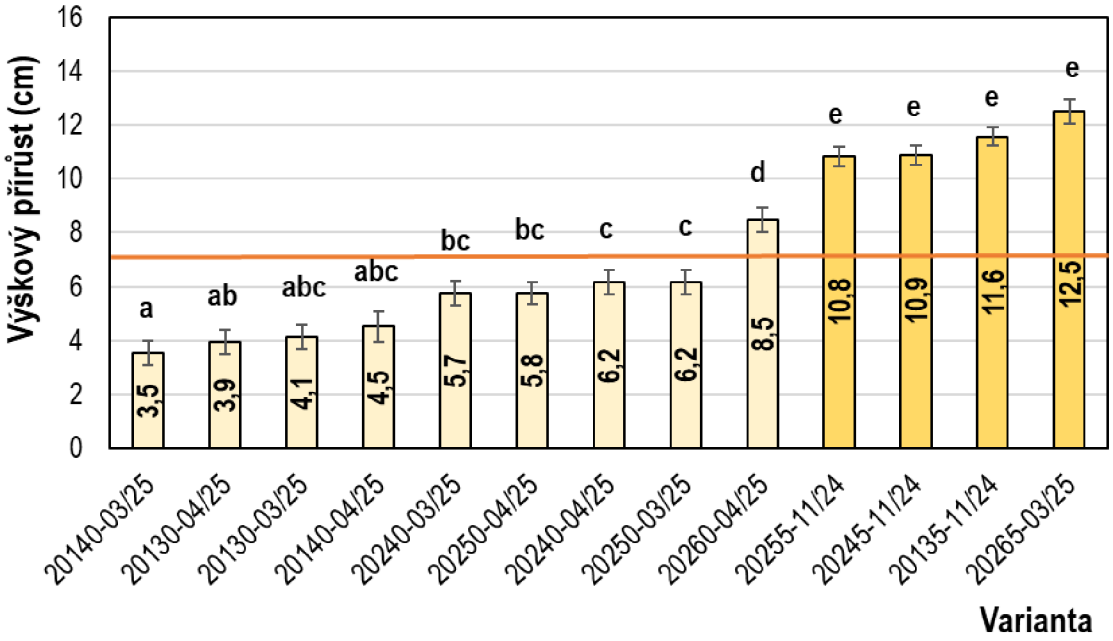
Při hodnocení průměrných výšek (**Obr. 19**) dosahovala na všech čtyřech lokalitách průkazně nejvyšších hodnot březnová výsadba krytokořenných sazenic 36–50 cm (37,2 cm). Nejnižší průměrná výška byla zaznamenána na oglejeném stanovišti u varianty 20140-03/25 (8,8 cm). V rámci srovnání obdobných typů sadebního materiálu vykazovaly krytokořenné sazenice ve většině případů větší výškový nárůst než prostokořenné. U některých vzorků nebylo sice dosaženo minimální deklarované výšky, tento jev je však důsledkem metodiky výsadby – konkrétně hlubšího uložení kořenového systému a následného překrytí substrátu (např. štěpkou) pro lepší stabilitu a ochranu.



Obr. 19: Průměrná výška semenáčků/sazenic borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) diferencovaně dle variant sadebního materiálu a termínu výsadeb na oglejených stanovištích na LS Třebíč; signifikantní ($p < 0,05$) rozdíly mezi variantami jsou znázorněny rozdílnými písmeny; průměrná hodnota parametrů napříč všemi variantami je znázorněna červenou linií

6.3 Růstový potenciál

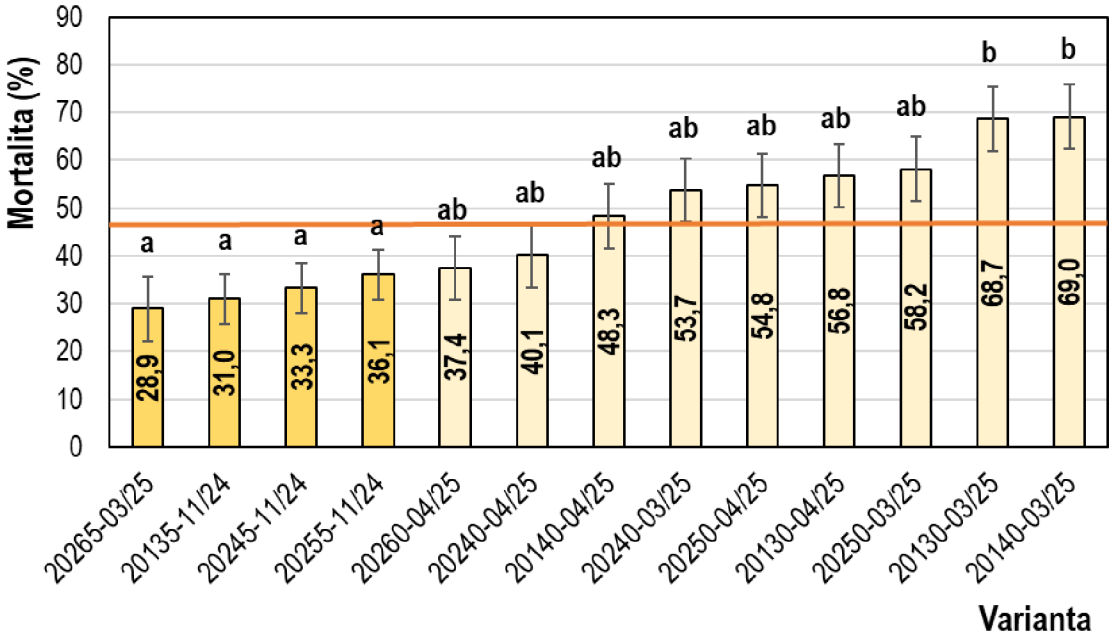
Na všech sledovaných sazenicích byl opětovně potvrzen statisticky signifikantní rozdíl ve výškovém přírůstu mezi jednotlivými variantami ($p < 0,001$; **Obr. 20**). Krytokořenný sadební materiál vykazoval výrazně lepší výsledky než prostokořenné výsadby. Z hlediska statistické významnosti se do homogenních skupin s nejvyššími přírůsty zařadily zejména krytokořenné sazenice o velikosti 26–35 cm a 15–25 cm. Při posouzení vlivu termínu výsadby dosahoval krytokořenný materiál vysázený na jaře lepších výsledků než podzimní výsadby. U prostokořenných sazenic na oglejených stanovištích byl pak zaznamenán vyšší přírůst u pozdní jarní výsadby, což souvisí s hydrologickým režimem (zamokřením) těchto stanovišť.



Obr. 20: Výškový přírůst semenáčků/sazenic borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) diferencovaně dle variant sadebního materiálu a termínu výsadeb na oglejených stanovištích na LS Třebíč; signifikantní ($p < 0,05$) rozdíly mezi variantami jsou znázorněny rozdílnými písmeny; průměrná hodnota parametrů napříč všemi variantami je znázorněna červenou linií

6.4 Zdravotní stav a mortalita

V souladu s předchozími parametry byl na všech lokalitách prokázán statisticky signifikantní rozdíl v mortalitě ($p < 0,001$; **Obr. 21**). Nejnižší úmrtnost byla zaznamenána na oglejených stanovištích u varianty 20265-03/25 (28,9 %), zatímco nejvyšší hodnoty dosáhla varianta 20140-03/25 (69,0 %). Obecně lze konstatovat, že prostokořenný sadební materiál vykazoval vyšší úmrtnost než krytokořenný: 54 % vs. 32 %, přičemž celková mortalita činila 47,4 %. Z hlediska termínu výsadby dosahovala jarní krytokořenná sadba lepších výsledků než podzimní. U prostokořenného materiálu byla na obou typech stanovišť (kyselých i oglejených) zjištěna signifikantně nižší mortalita u pozdní jarní výsadby.



Obr. 21: Mortalita semenáčků/sazenic borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) diferencovaně dle variant sadebního materiálu a termínu výsadeb na oglejených stanovištích na LS Třebíč; signifikantní ($p < 0,05$) rozdíly mezi variantami jsou znázorněny rozdílnými písmeny; průměrná hodnota parametrů napříč všemi variantami je znázorněna červenou linií

7. Diskuze

Celková průměrná mortalita, která dosáhla hodnoty 47,4 %, naznačuje, že obnova borovice ve ztížených podmínkách na velikých kalamitních plochách v 6. LVS na oglejených stanovištích je vysoce riziková. Zároveň signalizuje, že je třeba očekávat obnovu na těchto kalamitních plochách finančně nákladnější, kvůli vyšší potřebě následného doplnění. Tento stav pravděpodobně souvisí se společným působením klimatické změny, specifickými půdními podmínkami a extremitou lokality spojenou s náhlou změnou v lesním mikroklimatu. Borovice zde reaguje negativně na nevyvážené rozložení vlhkých a suchých období, jak uvádějí Spinoni et al. (2018). I přesto je borovice dle legislativy vedena jako jedna z hlavních dřevin pro tato stanoviště, avšak reálná úspěšnost výsadeb poukazuje na nutnost zvážení jiné dřevinné skladby či revizi pěstebních postupů.

Dle výsledků experimentu je jasný favorit krytokořenný materiál s průměrnou mortalitou 32 % oproti prostokořennému s mortalitou 54 %. To prokazuje důležitost vhodné technologie výsadby (Poleno et al. 2009). Nejlépe dopadla krytokořenná sazenice vysazená v brzké jarní výsadbě s kódem 20265, kdy oproti ostatní brzké jarní výsadbě prostokořenným materiálem dosáhla nezanedbatelně lepších výsledků. Vzhledem k extrémně vysoké mortalitě se nedoporučuje využívat k výsadbě prostokořenné semenáčky a sazenice v kategorii 10–14 cm. Tyto výsledky potvrzují potřebu vyššího sadebního materiálu na vodou ovlivněných plochách, jak uvádějí Poleno et al. (2009), z důvodu vyšší konkurence buřeně. Vyšší vitalitu krytokořenných sazenic potvrdilo i fyziologické testování, kdy např. varianta 20245 vykazovala v den výsadby optimální vodní potenciál (−1,17 MPa). Substrátový bal zřejmě poskytuje nezbytnou ochranu kořenového systému před osycháním a tlumí šok z přesazení, což se na těchto plochách jeví jako klíčové (Martincová 1988, 1995).

U prostokořenného materiálu byla zjištěna signifikantně nižší mortalita u pozdní jarní výsadby v dubnu oproti březnu, i přesto, že většina pokynů radí vysazovat do čerstvě rozmrzlé půdy, jak doporučuje Poleno et al. (2009). Tento jev lze přisoudit hydrologickému režimu oglejených půd, které jsou v předjaří studené a nasycené vodou. V březnu tak u sazenic může docházet k tzv. fyziologickému suchu, zatímco dubnový termín již nabízí teplejší substrát vhodnější pro regeneraci kořenů, což je v souladu s obecnými zásadami jarní výsadby.

Hodnocení potvrdilo, že krytokořenný materiál dosahuje signifikantně větších tlouštěk kořenového krčku a většího výškového přírůstu. Skutečnost, že u některých variant

nebylo dosaženo deklarované výšky ze školky, je důsledkem zvolené metodiky hlubší výsadby a překrytí substrátu štěpkou pro zvýšení stability. Tento postup je při výsadbě žádoucí, neboť hlubší uložení kořenů podporuje budoucí odolnost a stabilitu (Poleno et al. 2009), jelikož takto lze částečně kompenzovat zpomalený růst kořenů na lokalitách s vysokou hladinou podzemní vody (Kösler et al. 1968).

Zatímco Burda et al. (2018) pro suchá stanoviště často doporučuje menší sazenice (10–14 cm) pro jejich optimální poměr kořenů k nadzemní části, v podmínkách oglejených ploch 6. LVS se tento předpoklad nepotvrdil. Nejvyšší úmrtnost (69 %) vykázaly právě prostokořenné semenáčky 10–14 cm. Příčinou je jejich nízká odolnost vůči stresu, kdy osmotický potenciál u této kategorie klesl na kritických −2,19 MPa již po 3 dnech na holině. Robustnější sazenice (26–35 cm) se ukázaly jako vhodnější i z hlediska konkurence buřeni.

Měření relativní elektrické vodivosti (REL) odhalilo, že expozice na holině má drastický dopad především na jemné kořeny (pokles vitality o 5,4 %). Naměřené hodnoty kolem 20–25 % u jemných kořenů již signalizují odumírání pletiv. Tato diagnostika vysvětluje následnou vysokou mortalitu v kultuře a potvrzuje, že fyziologický stav sadebního materiálu před výsadbou je kritickým faktorem úspěchu, jak uvádějí Poleno et al. (2009), a je tedy nutno ještě zdůraznit potřebu precizní manipulace se sazenicemi před výsadbou.

Vzhledem k extrémně vysoké úmrtnosti prostokořenných semenáčků se jejich využívání na oglejených plochách v 6. LVS jeví jako ekonomicky neefektivní kvůli nutnosti nákladného vylepšování. Jako nejúspěšnější varianta se v pokusu osvědčila březnová výsadba krytokořenných sazenic třídy 36–50 cm (varianta 20265-03/25) s nejnižší mortalitou 28,9 % a nejvyšším výškovým přírůstem. Tento typ materiálu by měl být upřednostňován pro zajištění stability a rychlého odrůstání kultur v kalamitních oblastech. (Plačková et al. 2025).

8. Závěr

Bakalářská práce měla za cíl zjistit za použití standardních biometrických a fyziologických metod prosperitu a růst kultur borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) na oglejených kalamitních plochách v 6. LVS na Lesní správě Třebíč. Výsadby proběhly na podzim 2024 a na jaře 2025 (v březnu a dubnu).

Výsledky jednoznačně potvrdily, že technologie výsadby na takto extrémních podmínkách je zásadní rozhodující faktor úspěšnosti. Krytokořenné sazenice vykazovaly signifikantně lepší růstové charakteristiky a výrazně nižší mortalitu (32 %) ve srovnání s prostokořennými variantami (54 %).

Nejvyšších průměrných výšek dosáhla březnová brzká výsadba krytokořenných sazenic 20265 kategorie 36–50 cm (37,2 cm). Parametru tloušťky kořenového krčku dominoval rovněž krytokořenný materiál, zejména sazenice 20265 (kategorie 36–50 cm) a 20255 (kategorie 26–35 cm). Rovněž výškový přírůst byl statisticky signifikantně vyšší než u prostokořenných sazenic.

Celková mortalita napříč všemi variantami činila 47,4 %. Jako nejstabilnější varianta se pro pěstování na oglejených stanovištích osvědčila krytokořenná sazenice 20265 (kategorie 36–50 cm) z březnové jarní výsadby s nejnižší úmrtností 28,9 %. Extrémně vysokou mortalitu (69 %) vykázaly jarní prostokořenné semenáčky 20140 (kategorie 15–25 cm), které se pro tyto podmínky jeví zcela nevhodné.

Fyziologické testování odhalilo kritickou zranitelnost malých semenáčků (10–14 cm), u nichž osmotický potenciál klesl na −2,19 MPa již po třech dnech expozice na holině, což indikuje neschopnost rostliny regenerovat z hlubokého stresu. Měření konduktivity prokázalo, že největší pokles vitality postihuje jemné kořeny, jejichž poškození přímo koreluje s následným úhynem.

Výzkum přinesl specifické zjištění ohledně termínu výsadby na podmáčených půdách, což se liší od standardních doporučení při jarních výsadbách. U prostokořenného materiálu vykazovala pozdní jarní výsadba v dubnu signifikantně nižší mortalitu a vyšší přírůsty než výsadba březnová, což souvisí s hydrologickým režimem a lepším prohřátím substrátu v dubnu.

Pro obnovu oglejených kalamitních ploch v 6. LVS je tedy nezbytné používat krytokořenný sadební materiál, ideálně vyspělejší. Z důvodu vysokého rizika neúspěchu obnovy nelze doporučit výsadbu prostokořenných semenáčků a sazenic, zejména

prostokořenných semenáčků do 15 cm. Vyspělejší krytokořenná technologie minimalizuje budoucí potřebu nákladného vylepšovaní kultur, které by při takto vysoké mortalitě prostokořenných sazenic bylo ekonomicky neúnosné.

9. Zdroje

Aleksandrowicz-Trzcińska, M., Drozdowski, S., Brzeziecki, B., Rutkowska, P., Jabłońska, B. (2013): Effects of different methods of site preparation on natural regeneration of Pinus sylvestris in Eastern Poland. Dendrobiology, 70, s. 73–81.

Apltauer, J., Bílý, T., Kotrla, P., Tuma, P. (n.d.). (2020), Borovice lesní (Pinus sylvestris): Rozbory stavu a předpokládaného vývoje na základě analýzy dat LHPO, ERMA a OPRL. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem.

Beránek, J. (2008): Škůdci borovice lesní. In: Přirozené zmlazování borovice: sborník referátů. Mimoň: Česká lesnická společnost, s. 33–36.

Béland, M., Agestam, E., Ekö, P. M., Gemmel, P., Nilsson, U. (2000). Scarification and seedfall affects natural regeneration of Scots pine under two shelterwood densities and a clearcut in southern Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research, 15(2), 247–255. https://doi.org/10.1080/028275800750015064

Bílek, L., Vacek, S., Vacek, Z., Remeš, J., Král, J. et al. (2016): How close to nature is close-to-nature pine silviculture? Journal of Forest Science, 62(1), s. 24–34.

Bílek, L., Remeš, J., Švec, O., Vacek, Z., Štícha, V., Vacek, S., Javůrek, P. (2017): Ekologicky orientované pěstování borových porostů v podmínkách nižších až středních poloh. Lesnický průvodce 9. Strnady: VÚLHM.

Bílek, L., Zeidler, A., Pulkrab, K., Ulbrichová, I., Vacek, S., Borůvka, V., Vítámvás, J., Remeš, J., Vacek, Z., Sloup, R. (2018): Pěstební a ekonomické aspekty clonné obnovy borovice lesní. Jíloviště-Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti.

Brabec, P., Brichta, J., Vacek, Z., Vacek, S., Šimunek, V. et al. (2023): Potential of mixed Picea abies (L.) Karst. and Pinus sylvestris L. forests in lowland areas of Central Bohemia. Journal of Forest Science, 69(11), s. 470–484.

Brichta, J., Bílek, L., Linda, R., Vítámvás, J. (2020): Does shelterwood regeneration on natural Scots pine sites under changing environmental conditions represent a viable alternative to traditional clear-cut management? Central European Forestry Journal, 66(2), s. 104–115.

Brichta, J., Vacek, S., Vacek, Z., Cukor, J., Mikeska, M., Vacek, V., Šimůnek, V., Gallo, J. (2023). Importance and potential of Scots pine (Pinus sylvestris L.) in 21st century. Central European Forestry Journal, 69(1), 3–20.

Brichta, J., Šimůnek, V., Bílek, L., Vacek, Z., Gallo, J., Baláš, G., Vacek, S. (2024). Effects of climate change on Scots pine (Pinus sylvestris L.) growth across Europe: Decrease of tree-ring fluctuation and amplification of climate stress. Forests, 15(1), Article 91.

Burda, P., Nárovcová, J., Nárovec, V. (2016). Výsledky ověřování výsadeb listnatých poloodrostků a odrostků nové generace na lokalitách s různou mírou degradace půd. Zprávy lesnického výzkumu, 61(4), 232–239.

Businský, R. (1999): Taxonomic revision of Eurasian pines (genus Pinus L.) – survey of species and infraspecific taxa according to latest knowledge. Průhonice: Acta Průhoniciana.

Caudullo, G., Welk, E., & San-Miguel-Ayanz, J. (2017). Chorological maps for the main European woody species. Data in Brief, 12, 662–666.

Čáp, J. et al. (2016): Genetické zdroje lesních dřevin a jejich evidence v ČR. In: Sborník referátů. (Dohledáno dle kontextu z textu, plná citace nebyla v podkladech).

Dvořáková, B., Holuša, J., Horák, J., Hradecký, J., Bledý, M. et al. (2024): Pine weevil (Hylobius abietis) preferences among species of conifer seedlings planted on clear-cuts in central Europe. Frontiers in Forests and Global Change, 7.

Holuša, J., Holuša, O. (2000): Je heraltická borovice ekotypem borovice lesní? Lesnická práce, 79(10). Horsák, M., Chytrý, M. (2010): Krajiny zamrzlé v čase I. Jižní Sibiř – současná analogie střední Evropy v době ledové. Živa, 57(3), s. 118–120.

IPCC (2019): Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. [P.R. Shukla et al. (eds.)].

Jankovský, L. (2003). Sypavky borovic: Sypavka borová – skulinatec borový. Lesnická práce, 82(5).

Jurča (1988): Pěstění lesů. Mendelova univerzita v Brně.

Kacálek, D., Mauer, O., Podrázský, V., Slodičák, M., Houšková, K. et al. (2017): Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce.

Kapitola, P., Růžička, T., Kroutil, P. (2011). Karanténní škodlivé organismy na lesních dřevinách (1. vyd.). Státní rostlinolékařská správa. https://stromoborci.cz/wp-content/uploads/2021/05/Karantenni-skodlive-organismy.pdf

Karlsson, M., Nilsson, U. (2005): The effects of scarification and shelterwood treatments on naturally regenerated seedlings in southern Sweden. Forest Ecology and Management, 205, s. 183–197.

Kessner, M. (2009): Borovice lesní. In: ÚHÚL. Doporučené postupy pěstování lesa v přírodních lesních oblastech. Brandýs nad Labem: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů.

Knížek, M. (1998): Lýkohub sosnový (Tomicus piniperda L), Lýkohub menší (Tomicus minor Hartig). Lesnická práce – Lesní ochranná služba, 77(4).

Knížek, M., Liška, J. (Eds.). (2019). Zpravodaj ochrany lesa. Supplementum 2019: Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 2018 a jejich očekávaný stav v roce 2019. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – Lesní ochranná služba.

Koblížek, J. (2006): Jehličnaté a listnaté dřeviny našich zahrad a parků. 2. vyd. Tišnov: Sursum.

Långström, B., Day, K. R. (2004). Damage, control and management of weevil pests, especially Hylobius abietis. In F. Lieutier, K. R. Day, A. Battisti, J.-C. Grégoire, H. F. Evans (Eds.), Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis (pp. 415–444). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2241-8_19.

Lexa, J., Nečesaný, V., Paclt, J., Tesařová, M., Štofko, J. (1952): Technologia dreva I. – Mechanické a fyzikálne vlastnosti dreva. Bratislava: Práca.

Martiník, A., Adamec, Z., Houšková, K. (2021): Výchova porostů přípravných dřevin. Lesnický průvodce 4/2021. Strnady: VÚLHM.

Merlin, M., Perot, T., Perret, S., Korboulewsky, N., Vallet, P. (2015). Effects of stand composition and tree size on resistance and resilience to drought in sessile oak and Scots pine. Forest Ecology and Management, 339, 22–33.

Mikeska, M., Vacek, S., Prausová, R., Simon, J., Minx, T., Podrázský, V. et al. (2008): Typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce.

Ministerstvo Zemědělství (2022): Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2021. Praha: MZe.

Musil, I., Hamerník, J., Leugnerová, G. (2002): Lesnická dendrologie 1: jehličnaté dřeviny: přehled nahosemenných (i výtrusných) dřevin. Praha: Česká zemědělská univerzita.

Musil, I., Hamerník, J. (2007): Lesnická dendrologie: přehled nahosemenných i výtrusných dřevin. 1, Jehličnaté dřeviny. Praha: Academia.

Novák, J., Dušek, D., Kacálek, D., Slodičák, M. (2017): Analysis of biomass in young Scots pine stands as a basis for sustainable forest management in Czech lowlands. Journal of Forest Science, 63(12), s. 555–561.

Oleskog, G., Grip, H., Bergsten, U., Sahlén, K. (2000). Seedling emergence of Pinus sylvestris in characterized seedbed substrates under different moisture conditions. Canadian Journal of Forest Research, 30(11), 1766–1777. https://doi.org/10.1139/x00-111.

Palovčíková, D. (2008). Choroby borovice lesní. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Peřina, V. (1960). Přeměny borových monokultur na pleistocenních terasách. Státní zemědělské nakladatelství.

Peřina, V., Kadlus, Z., Jirkovský, V. (1964). Přirozená obnova lesních porostů. Státní zemědělské nakladatelství.

Pešková, V., Čížková, D. (2015): Lesnická fytopatologie. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská.

Pešková, V., Soukup, F., Knížek, M. (2016): Biotičtí škodliví činitelé na borovici a sucho. Lesnická práce, 95(4), příloha, s. 1–8.

Plačková, A., Vacek, Z., Vacek, S., Cukor, J., Gallo, J., Černý, J. (2025): Scots Pine (*Pinus sylve*stris L.) establishment success under climate change: Effect of site, stock type and planting time. Journal of Forest Science, 71: 11: 555–564.

Plíva, K. (2000). Trvale udržitelné obhospodařování lesů podle souboru lesních typů. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem.

Poleno, Z., Vacek, S., Podrázský, V. (2007): Pěstování lesů. II., Teoretická východiska pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce.

Poleno, Z., Vacek, S. et al. (2009): Pěstování lesů III. – Praktické postupy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce.

Praciak, A. et al. (2013): The CABI Encyclopedia of Forest Trees. Oxfordshire: CAB International Publishing.

Průša, E. (2001): Pěstování lesů na typologických základech. Kostelec nad Černými Lesy: Lesnická práce.

Remeš, J. (2018): Development and Present State of Close-to-Nature Silviculture. Journal of Landscape Ecology, 11(3), s. 17–32.

Repáč, I., Belko, M., Krajmerová, D., Paule, L. (2021): Planting time, stocktype and additive effects on the development of spruce and pine plantations in Western Carpathian Mts. New Forests, 52(3), 449.

Rubcov, V. G. (1984). Zelená lékárna. Lidové nakladatelství. Seidl, R., Thom, D., Kautz, M. et al. (2017): Forest disturbances under climate change. Nature Climate Change, 7, s. 395–402.

Sharma, R. P., Bílek, L., Vacek, Z., Vacek, S. (2017): Modelling crown width-diameter relationship for Scots pine in the central Europe. Trees, 31(6), s. 1875–1889.

Sierpińska, A. (1998). Towards an integrated management of Dendrolimus pini L. Folium Forestalia Polonica, Series A – Forestry, (40), 129–142.

Slodičák, M., Novák, J. (2007): Výchova lesních porostů. In: Poleno, Z., Vacek, S. (eds.). Pěstování lesů III. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce.

Slodičák, M., Novák, J., Dušek, D. (2013): Výchova porostů borovice lesní: certifikovaná metodika. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti.

Soudek, P., Podlipná, R., Langhansová, L., Moťková, K., Dvořáková, M., Vaněk, T. (2024). Stress responses to bark beetle infestations among pine (Pinus sylvestris), fir (Abies alba), and beech (Fagus sylvatica) trees. Forests, 15(10), Article 1761. https://doi.org/10.3390/f15101761.

Soukup, F. (1999): Chřadnutí smrku v horských oblastech a jeho fytopatologické aspekty. Zprávy lesnického výzkumu, 44.

Soukup, F., & Pešková, V. (2004). Odumírání borovice lesní v ČR v roce 2004. Lesnická práce, 83(8).

Soukup, F., Pešková, V. (2004). Sphaeropsis sapinea (Fr.) Dyko et Sutton (prosychání borovic). Lesnická práce, 83(9).

Spathelf, P., Ammer, C. (2015): Forest management of scots pine (Pinus sylvestris L) in northern Germany-a brief review of the history and current trends. Forstarchiv, 86(3), s. 59–66.

Spathelf, P., Bolte, A., Van Der Maaten, E. (2015): Is close-to nature silviculture (CNS) an adequate concept to adapt forests to climate change? Landbauforschung, 65(3/4), s. 161–170.

Spinoni, J., Vogt, J. V., Naumann, G., Barbosa, P., Dosio, A. (2018): Will drought events become more frequent and severe in Europe? International Journal of Climatology, 38(4), s. 1718–1736.

Svoboda, P. (1953): Lesní dřeviny a jejich porosty. Praha: Státní zemědělské nakladatelství.

Šimůnek, V., Vacek, S., Vacek, Z. (2020): Norway spruce forest management in the Czech Republic is linked to the solar cycle under conditions of climate change. Journal of Space Weather and Space Climate.

Šindelář, J. (2004): Přirozená obnova borovice lesní. Lesnická práce, 83(8). Šindelář, J., Frýdl, J., Novotný, P. (2007): Příspěvek k charakteristikám populací – ekotypů borovice lesní (Pinus sylvestris L.) v České republice. Zprávy z lesnického výzkumu, 52(2).

Šrámek, V., Neudertová Hellebrandová, K. (2016). Mapy ohrožení smrkových porostů suchem jako nástroj identifikace rizikových oblastí: odborné sdělení. Zprávy lesnického výzkumu, 61(4), 263–265.

Šrůtka, P. (2003). Sypavka borová, Lophodermium pinastri (Schrad.) Chev. Lesnická práce, 82(6).

Uria-Diez, J., Pommerening, A. (2017): Crown plasticity in Scots pine (Pinus sylvestris L.) as a strategy of adaptation to competition and environmental factors. Ecological Modelling, 356, s. 117–126.

Úřadníček L., Riedmiller A. (2009): Dřeviny České republiky: treaties and international agreements registered or filed and recorded with the Secretariat of the United Nations. 2. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy.

Vacek, S., Podrázský, V. (2006): Přírodě blízké lesní hospodářství v podmínkách střední Evropy: pěstování lesů. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze.

Vacek, S., Vacek, Z., Bílek, L., Simon, J., Remeš, J. et al. (2016): Structure, regeneration and growth of Scots pine (Pinus sylvestris L.) stands with respect to changing climate and environmental pollution. Silva Fennica, 50(4).

Vacek, Z., Král, J., Bulušek, D., Vacek, S., Bílek, L. (2017): Vliv okrajového efektu na růst a kvalitu přirozené obnovy borovice lesní (Pinus sylvestris L.). Zprávy lesnického výzkumu, 62.

Vacek, S., Remeš, J., Vacek, Z., Bílek, L., Štefančík, I. et al. (2018): Pěstování lesů. Praha: Česká zemědělská univerzita.

Vacek, S., Vacek, Z., Bílek, L., Remeš, J., Baláš, M. et al. (2022): Pěstování účelových lesů – lesů zvláštního určení a lesů ochranných. Praha: Česká zemědělská univerzita.

Varga, I., Taller, J., Baltazár, T., Hyvönen, J., & Poczai, P. (2012). Leaf-spot disease on European mistletoe (Viscum album) caused by Phaeobotryosphaeria visci: A potential candidate for biological control. Biotechnology Letters, 34(6), 1059–1065. https://doi.org/10.1007/s10529-012-0867-x.

Vítámvás, J., Bílek, L., Ulbrichová, I., Bažant, V., Dreslerová, J., Vacek, Z. (2019): Vzcházení, přežívání a kořenový systém semenáčků borovice lesní (Pinus sylvestris L.)

při různých intenzitách slunečního záření a závlahy. Zprávy lesnického výzkumu, 64, s. 102–110.

Wittich, W. (1948). Die heutigen Grundlagen der Holzartenwahl. Verlag M. & H. Schaper.

Zahradník, P. (2013): Brouci. Praha: Aventinum.

Zeidler, A. (2007): Selected wood properties of black pine (Pinus nigra ARNOLD.). Reports of Forestry Research (Zprávy lesnického výzkumu), 52.

Zwolinski, J. B., Swart, W. J., Wingfield, M. J. (1990): Economic impact of a post-hail outbreak of dieback induced by Sphaeropsis sapinea. European Journal of Forest Pathology, 20, s. 405–411.