

Lesy České republiky, s.p., Hradec Králové

VÝZKUMNÉ PROJEKTY
GRANTOVÉ SLUŽBY LČR



Projekt

OVĚŘENÍ ÚČINNOSTI HYDROABSORBENTU PŘI
OBNOVĚ LESA

Závěrečná zpráva

Doba řešení:

1. 9. 2021 – 31. 12. 2022

Řešitel:

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i.



Odpovědný řešitel:

Ing. Jan Leugner, Ph.D.

Spoluřešitelé:

Ing. Jan Bartoš, Ph.D., Mgr. Nikola Švorc Štěpánová

Opočno, prosinec 2022

Obsah

1	Základní údaje.....	2
1.1	Organizace účastníci se projektu	2
1.2	Řešitelský tým.....	2
2	Průběh a výsledky řešení	2
2.1	Úvod	2
2.2	Testovací plochy	2
2.3	Fyzikální vlastnosti půd – nasákavost.....	4
2.4	Chemické vlastnosti hydrosorbentu Peletsep.....	6
2.5	Hodnocení na výzkumných plochách	6
2.6	Hodnocení přístupných živin v půdě a stavu výživy	14
2.7	Ekonomické zhodnocení využití testovaných postupů obnovy	20
3	Závěr	20

1 Základní údaje

1.1 Organizace účastníci se projektu

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. – příjemce-koordinátor
Strnady 136, 25202 Jíloviště

Statutární zástupce: doc. Ing. Vít Šrámek, Ph.D., ředitel výzkumného ústavu

1.2 Řešitelský tým

Řešitelský tým tvoří kmenoví pracovníci výzkumné stanice v Opočně, kteří se na řešení podílejí dílčími úvazky

Jsou to:

Odpovědný řešitel: Ing. Jan Leugner, Ph.D.

Další řešitelé: Ing. Jan Bartoš, Ph.D.

Mgr. Nikola Švorc Štěpánová

2 Průběh a výsledky řešení

2.1 Úvod

Rozsah a velikost holin, které vznikly během kůrovcové kalamity, jsou mimořádné. Velké otevřené plochy výrazně zhoršují mikroklimatické podmínky. Často jsou na stejné ploše zaznamenávány období zamokření i sucha během relativně krátké doby. To souvisí především s přímým osluněním ploch a vysušováním stanoviště větrem. Na většině holin bude pravděpodobně zapotřebí alespoň částečně využít obnovu umělou. Jedním z rizikových faktorů ovlivňující zásadním způsobem úspěšnost umělé obnovy je nepříznivý průběh počasí po provedené obnově. Především dlouhé periody bez srážek a opakované výskyty vysokých teplot vzduchu po výsadbě velmi negativně ovlivňují fyziologický stav založených kultur. Navíc na rozsáhlých otevřených plochách dochází k výrazným až extrémním výkyvům jednotlivých mikroklimatických parametrů, které velmi nepříznivě ovlivňují odrůstání výsadeb dřevin. Mimořádný význam má proto nejen vysoká morfologická a fyziologická kvalita sadebního materiálu, ale i příznivý průběh počasí po výsadbě. Stále častější periody sucha v průběhu výsadby a také v následném období ovšem vyžadují hledání možností jak efektivně udržet co nejvíce vlhkosti v půdě u kořenů stromků a podpořit tak jejich ujímání a následný růst. Z tohoto pohledu je účelné ověřit efektivnost a účinnost podpurných látek (zejména organických hydroabsorbentů).

Cílem projektu je ověření účinnosti vytvoření hydrologicky příznivějších podmínek pro zdárné odrůstání sadebního materiálu po výsadbě s použitím pomocných látek organického původu, které mají schopnost zadržet větší množství vody a zabezpečit její postupné uvolňování a zvýšit podíl organické hmoty v půdě. Praktické výstupy a metodická doporučení budou využity v lesnickém provozu při obnovách lesa rozsáhlých kalamitních holin.

2.2 Testovací plochy

Rudoles (porost 926 A 12, SLT 5S)

První testovací plocha byla založena na jaře roku 2021 na Lesní správě Ledeč nad Sázavou LČR v lokalitě Rudoles (porost 926 A 12). Holina vynikla po vytěžení porostu s dominancí smrku po likvidaci stromů napadených kůrovcem, plocha se nachází na SLT 5S, CHS 55, 560 m n. m. Pro testování byly použity tři varianty dle množství zapracovaného hydrosorbentu Peletsep: varianta C – 100% (2 500 kg/ha), varianta B – 50% (1 250 kg/ha) a varianta A – bez

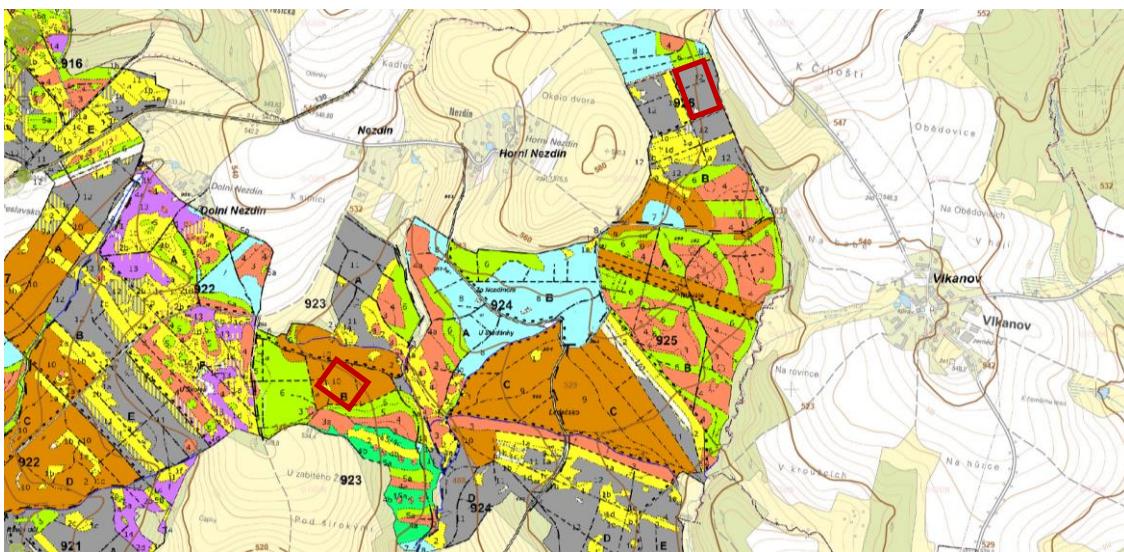
aplikace. Následně byla na ploše provedena mechanizovaná výsadba krytokořenného sadebního materiálu buku lesního.

Součástí hodnocení byla také ruční výsadba s aplikací hydrosorbentu do jamek. Výsadba byla provedena na podzim roku 2021 s využitím motorového jamkovače. Byly založeny tři varianty aplikace: varianta 0,5 kg hydrosorbentu na sazenici (100%), varianta 0,25 kg (50 %) a kontrolní varianta (k) s výsadbou tří modelových dřevin (smrk, dub, buk). Na plochách s ruční výsadbou nebyla provedena hloubková příprava půdy.

Rudoles (porost 923 B 10, SLT 5K)

Druhá testovací plocha byla založena na podzim roku 2021 na Lesní správě Ledeč nad Sázavou LČR v lokalitě Rudoles (porost 923 B 10). Holina vynikla po vytěžení porostu s dominancí smrku po likvidaci stromů napadených kůrovcem, plocha se nachází na SLT 5K CHS 53, 520 m n. m.. Pro testování byl použit stejný postup přípravy jako na první testovací ploše se třemi variantami dle množství zapracovaného hydrosorbentu Peletsep: varianta C – 100% (2 500 kg/ha), varianta B – 50% (1 250 kg/ha) a varianta A – bez aplikace. Následně byla na ploše provedena mechanizovaná výsadba krytokořenného sadebního materiálu dubu letního a smrku ztepilého.

Na obou testovacích plochách byla po likvidaci těžebních zbytků frézováním provedena příprava půdy na holině mechanizovaně v pruzích - hloubková fréza + aplikace organického hydrosorbentu. Minimální šířka frézovaného pruhu byla 40 cm – 100 cm, min. hloubka zpracování byla 25 cm. Rozestup mezi středy těchto pruhů jsou 2 m. Při frézování došlo k rovnoměrnému promísení zeminy a zapravení hydrosorbentu (Peletsep) v dávce 1 kg/m² (celkem 2500 kg/ha). Zemina zfrézovaného pruhu byla následně výškově stlačena a urovnána do úrovně okolního nefrézovaného terénu. Součástí tohoto výkonu bylo vytvoření elektronického výstupu GPS dat pro následné poloautomatické použití strojů v navazujících pěstebních výkonech, včetně přehledu o aplikované dávce hydrosorbentu. Na obou plochách bylo provedeno oplocení výsadeb jako ochrana proti škodám zvěří. Umístění obou testovacích ploch je znázorněno v porostní mapě červenými obdélníky na obrázku 1.



Obr. 1: Umístění testovacích ploch

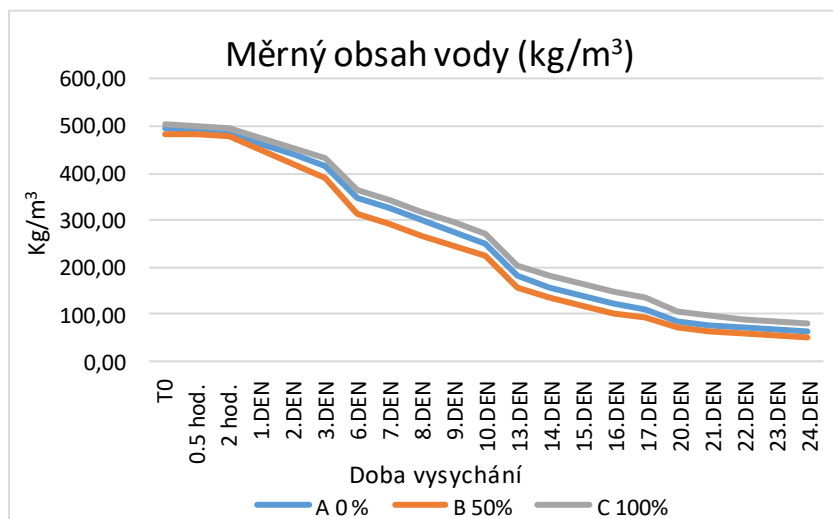
Fyzikální vlastnosti půd – nasákavost

Pro vyhodnocení obsahu vody při aplikaci hydrosorbentu v lokalitě Rudoles (porost 926 A 12). Pro testování byly použity tři varianty dle množství zpracovaného hydrosorbentu Peletsep: varianta C – 100% (2 500 kg/ha), varianta B – 50% (1 250 kg/ha) a varianta A – bez aplikace. Jednotlivé vzorky byly odebírány z pruhů s aplikací Peletsepu z pěti dílčích odběrných míst, kde byla směs půdy a hydrosorbentu odebírána rýčem do hloubky 25 cm. Tento směsný vzorek byl použit k plnění experimentálních váženek (válečků) o objemu 200 ml.

Vliv přidání přípravků na změnu obsahu vody v půdě byl porovnáván dle Cvičení z půdoznalectví II., od autorů: Valla, Kozák, Drbal, SPN Praha 1983. Pro analýzy byly používány experimentální váženky (válečky) s objemem 200 ml. Stručný postup sycení a vysoušení půdního vzorku a vzorku obohaceného gely je zachycen v 11 bodech níže:

1. Váleček se vzorkem se zváží pro určení momentní vlhkosti vzorku, tj. hmotnost **G_A**.
2. Váleček se sytí destilovanou vodou kapilárním vztlínáním. Na ploché míse je perforovaná vložka krytá filtračním papírem, zasahujícím do destilované vody, zakrytý váleček se postaví na vlhký filtrační papír minimálně na 12 hodin. Po nasycení se zváží pro určení nasáklivosti, tj. hmotnost **G_B**.
3. Váleček se postaví na čtyřnásobně složený filtrační papír, tj. počátek odsávání přebytečné vody **T₀**.
4. Váleček se odsává 30 minut, poté se zváží pro určení třicetiminutové vlhkosti, tj. hmotnost **G_C**.
5. Váleček se postaví na čtyřnásobný filtrační papír na dalších 90 minut odsávání, pro určení maximální kapilární kapacity (MKK podle V. Nováka), tj. hmotnost **G_D**.
6. Váleček se postaví na čtyřnásobný filtrační papír na dalších 22 hodin k určení přibližné retenční vodní kapacity (RVK₂₄) a zváží se, tj. hmotnost **G_{E1}**.
7. Po dalších 24 hodinách se váleček opět zváží, tj. hmotnost **G_{E2}**.
8. Po dalších 24 hodinách se váleček opět zváží, tj. hmotnost **G_{E3}**.
9. Po dalších 72 hodinách (**T₀ + 144** hodin) se váleček opět zváží, tj. hmotnost **G_{E4}**.
10. Zemina se vysušuje po dobu 24 hodin do konstantní hmotnosti v sušárně při 105 °C, poté se zváží, tj. hmotnost **G_F**.
11. Všechny konstantně používané válečky a jejich součásti (horní, dolní uzávěr) jsou před zahájením sycení označeny a zváženy, tj. hmotnost **G_T**.

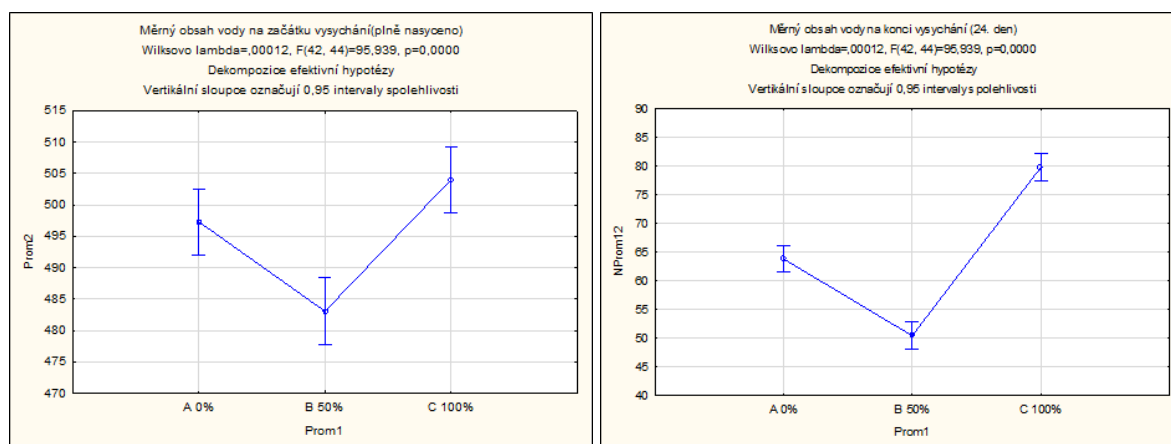
Průběh změn obsahu vody v půdě jednotlivých variant je znázorněn na obr. 2. Změny obsahu vody v půdních vzorcích mají podobný průběh ve všech variantách. Celkový obsah vody ve vzorcích je výrazně ovlivněn půdními vlastnostmi před aplikací hydrosorbentu, především obsah humusu.



Obr. 2: Průběh změn obsahu vody v půdních vzorcích s aplikací hydroabsorbentu (Peletsep)

Výsledky testování fyzikálních vlastností ukázalo rozdíly v obsahu vody v jednotlivých variantách. Tyto rozdíly jsou pravděpodobně způsobeny především obsahem humusových látek v půdním profilu. Tento obsah je pouze částečně ovlivněn aplikací přípravku Peletsep, výraznější je pravděpodobně vliv „místních zdrojů“ (např. zapracování humusových vrstev a těžebních zbytků do půdy). Kritickou hodnotou obsahu vody pro rostliny je 150 kg/m^3 . Těto hodnoty bylo dosaženo 13 – 16 den vysychání v laboratorních podmínkách.

Statistické hodnocení, které bylo provedeno pomocí analýzy variance (jednofaktorová ANOVA) pro data na začátku a na konci vysychání, ukázalo statisticky významné rozdíly (obr. 3) mezi variantami experimentu (různé dávky přípravku Peletsep).



Obr. 3: Výsledky ANOVA pro měrný obsah vody ve vzorcích na začátku a konci vysychání, $n = 15$

Trend rozdílů však nelze vysvětlit množstvím zapracovaného přípravku do půdy. Nejdůležitějším zjištěním je fakt, že se zvyšující se dávka přípravku Peletsep se neprojevila v průběhu změn obsahu vody (nejnižší obsah vody byl zaznamenán při aplikaci 1250 kg/ha , vyšší hodnoty obsahu vody byly zaznamenány ve variantě „kontrola“ bez aplikace přípravku Peletsep).

2.3 Chemické vlastnosti hydrosorbentu Peletsep

Pro zhodnocení melioračních účinků hydrosorbentu Peletsep bylo provedeno hodnocení obsahu základních živin v materiálu. Obsah jednotlivých živin je uveden v tabulce 1.

Tab. 1: Obsah živin v hydrosorbentu Peletsep

Označení vzorku	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Peletsep	1,39	0,302	1,54	1,820	0,208

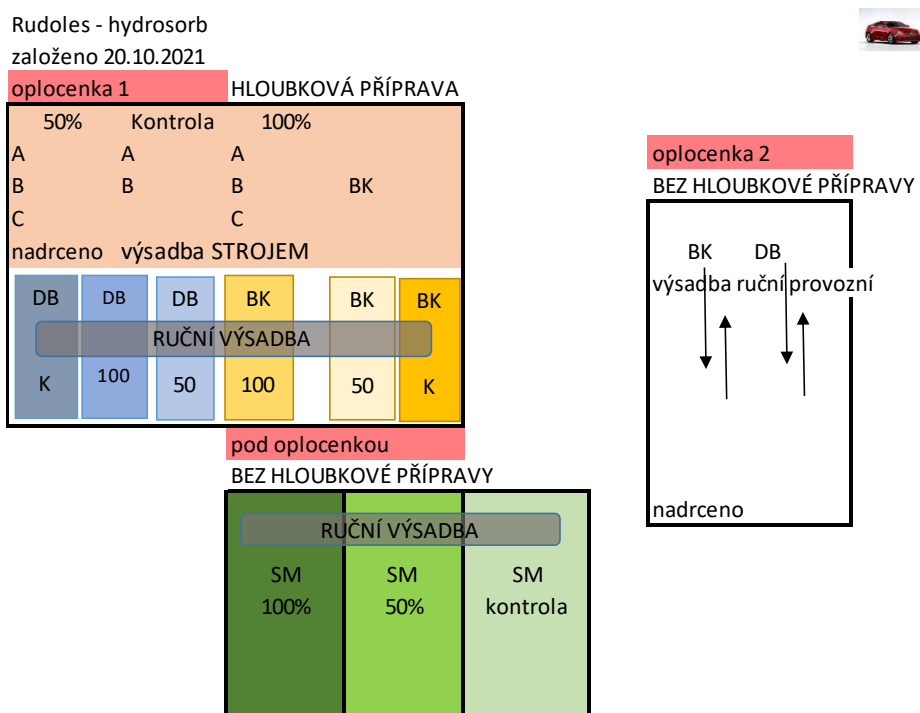
Výsledky hodnocení obsahu ukázaly podobné obsahy živin, které jsou zaznamenávány ve svrchních vrstvách humusu v lesních půdách.

Pro stanovení míry účinnosti aplikace melioračního materiálu je ovšem nutno poznamenat, že množství humusu v lesních půdách v ČR se pohybuje mezi 50 – 100 t/ha, proto lze předpokládat, že meliorační účinek aplikace materiálu se projeví především v lokalitách, kde je množství humusu výrazně limitováno.

2.4 Hodnocení na výzkumných plochách

Rudoles (porost 926 A 12, SLT 5S)

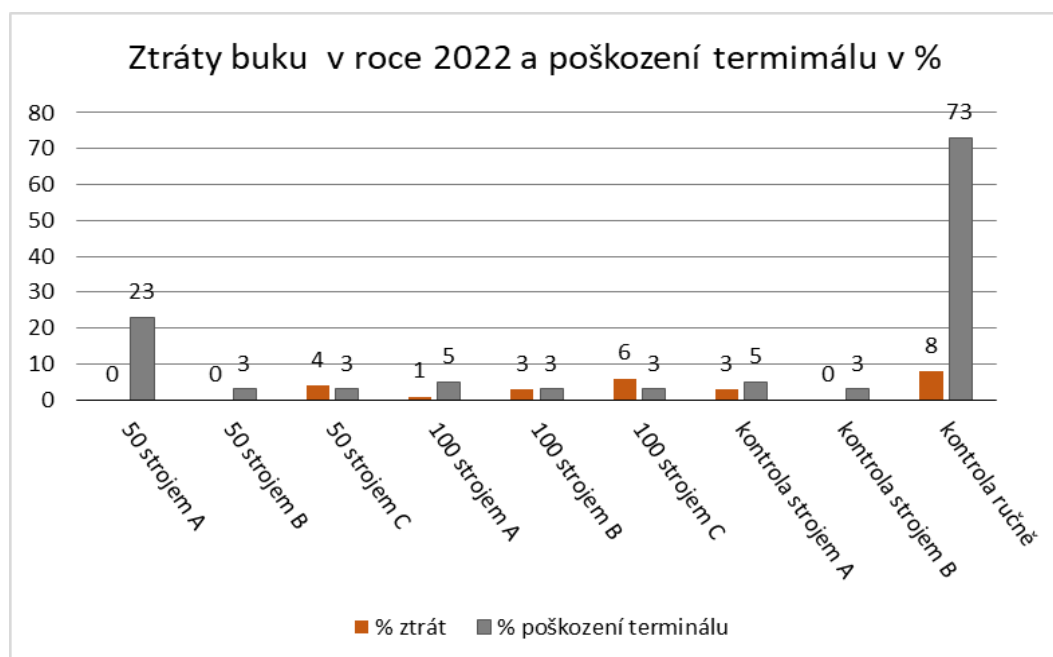
Hodnocení prosperity výsadeb všech modelových dřevin (BK, DB, SM) bylo provedeno na první testovací ploše v lokalitě Rudoles (porost 926 A 12, SLT 5S) založené na jaře v roce 2021. Schéma umístění výsadeb v této lokalitě je zobrazeno na obrázku 4.



Obr. 4: Schéma umístění výsadeb v lokalitě Rudoles (porost 926 A 12, SLT 5S)

Na testovací ploše bylo provedeno vstupní měření základních morfologických parametrů sadebního materiálu (celková výška a tloušťka kořenového krčku). Statistické hodnocení bylo provedeno pomocí analýzy variance (jednofaktorová ANOVA) u parametru aktuálního ročního výškového přírůstu, který by měl být hypoteticky nejvíce ovlivněn různou dávkou hydrosorbentu zapracovaného do půdy.

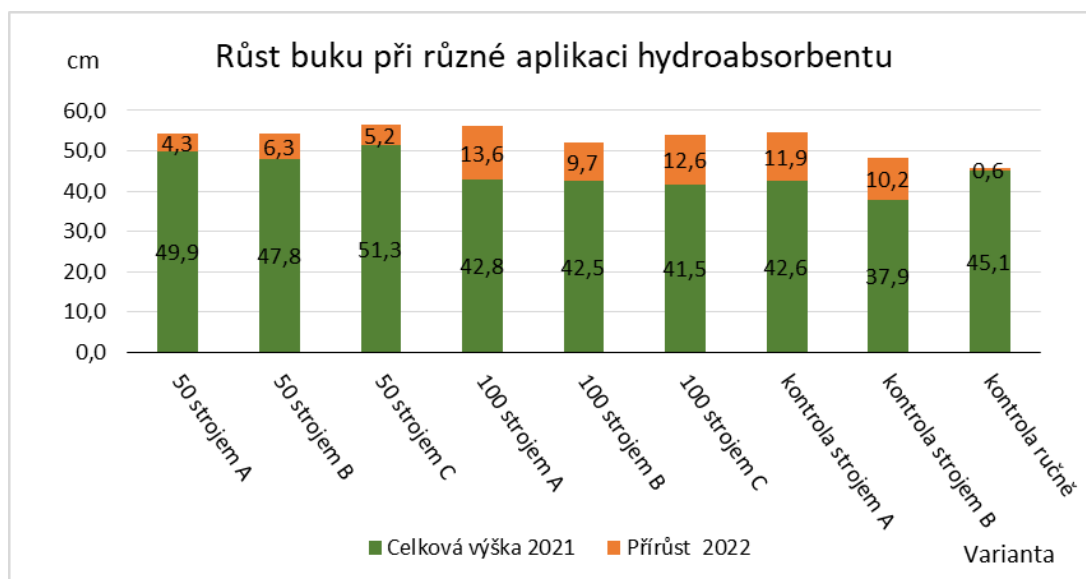
V roce 2022 bylo provedeno opakované měření včetně odběru asimilačního aparátu pro stanovení stavu výživy jednotlivých variant výsadeb. Na základě tohoto měření bylo provedeno hodnocení ztrát a přírůstu mladých výsadeb buku lesního. Na obrázku 5 jsou znázorněny ztráty v roce 2022 a také poškození nadzemních částí (především terminálního výhonu).



Obr. 5: Vyhodnocení ztrát a poškození terminálního výhonu ve výsadbách buku s různou aplikací hydrosorbentu v roce 2022 v lokalitě Rudoles (porost 926 A 12, SLT 5S)

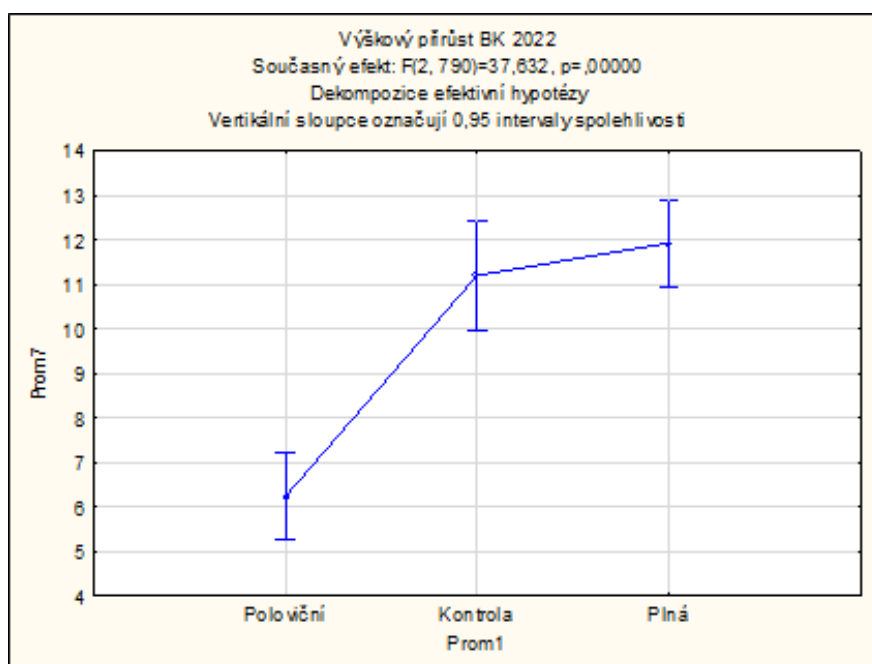
Výsledky hodnocení ztrát v roce 2022 ukázaly minimální ztráty ve všech variantách testovací výsadby, u výsadby sázecím strojem do připravených pruhů ztráty nepřekročily 6%. Mírně vyšší ztráty, ale výrazně vyšší poškození nadzemních částí bylo zaznamenáno u ruční výsadby. Toto poškození bylo způsobeno především při vyžínání buřeně, která byla v místech s ruční výsadbou výrazně bujnější než v pruzích, kde byla provedena příprava substrátu.

Průběh výškového přírůstu v roce 2022 je zobrazen na obrázku 6.



Obr. 6: Vyhodnocení výškového přírůstu ve výsadbách buku s různou aplikací hydrosorbentu v roce 2022 v lokalitě Rudoles (porost 926 A 12, SLT 5S)

Výškový přírůst byl roce 2022 podobný ve variantách s aplikací 2500 kg hydrosorbentu (označené 100 strojem, plná) a kontrolní variantě bez aplikace, ale se stejnou přípravou pruhů. V průměru téměř poloviční výškový přírůst byl zjištěn ve variantě s aplikací hydrosorbentu v dávce 1 250 kg/ha (označené 50 strojem, poloviční).

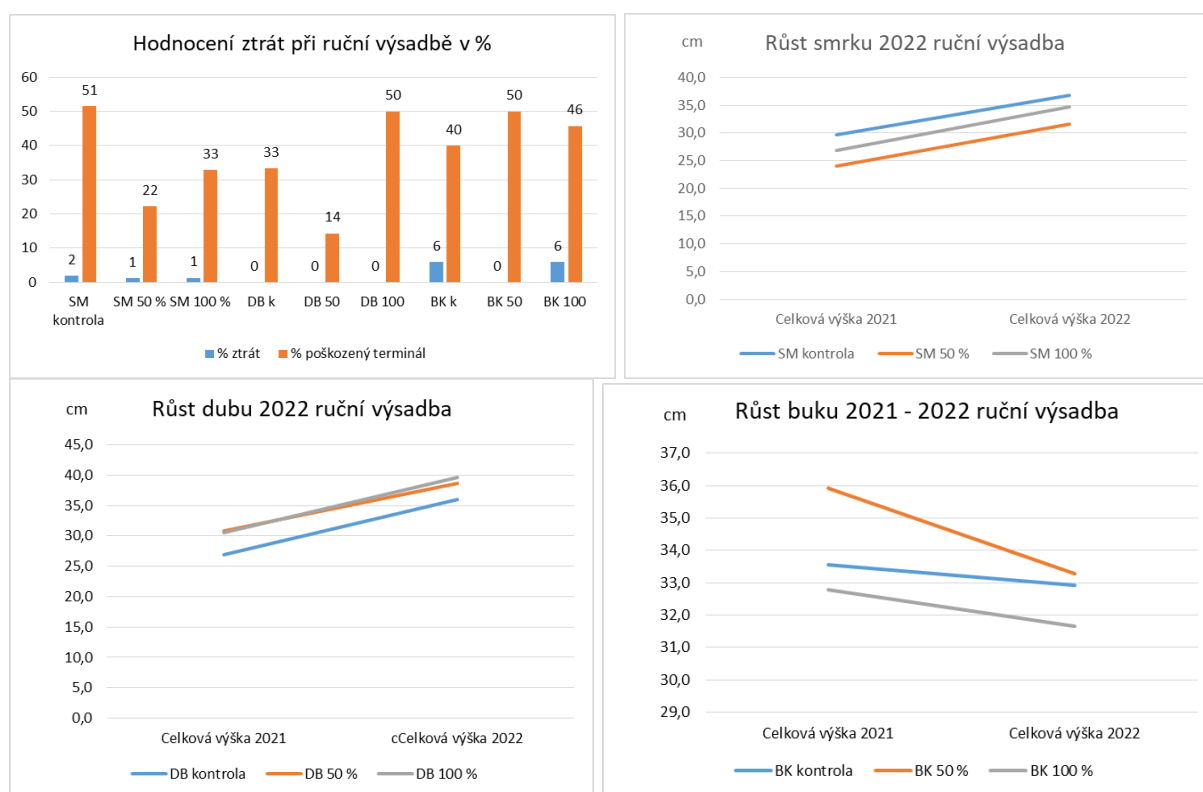


Obr. 7: Výsledky ANOVA pro výškový přírůst buku v roce 2022 v lokalitě Rudoles (porost 926 A 12, SLT 5S); $n = 271 - 303$

Výsledky statistického hodnocení ukázaly signifikantně nižší výškový přírůst ve variantě s poloviční dávkou přípravku Peletsep (obr. 7). Rozdíly mezi plnou dávkou a kontrolou byly nesignifikantní.

Rozdíly ve výškovém přírůstu v roce 2022 tak vyrovnaly celkovou výšku, protože sadební materiál ve variantě označené 50 strojem byl na počátku měření vyšší ve srovnání s ostatními variantami.

Minimální výškový přírůst byl zjištěn v kontrolní variantě s ruční výsadbou, to bylo způsobeno především poškozením nadzemních částí při vyžínání buřeně. Vyhodnocení šetření variant s ruční výsadbou a aplikací hydrosorbentu u tří modelových dřevin je demonstrován na obrázku 8.



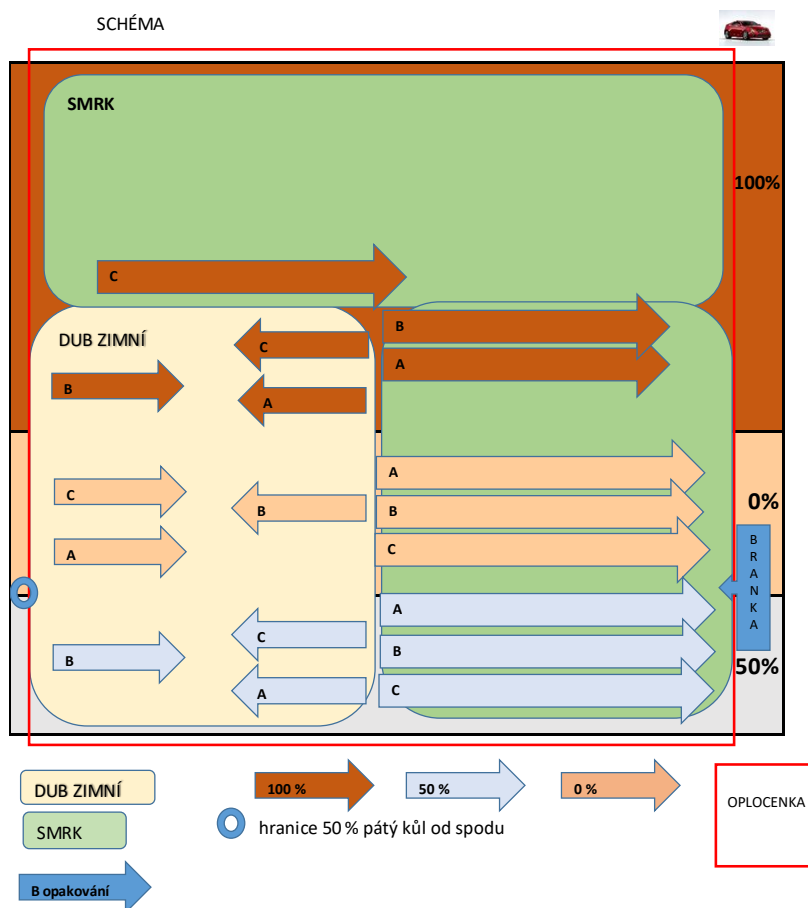
Obr. 8: Vyhodnocení ztrát, poškození terminálního výhonu a výškového přírůstu ve výsadbách modelových dřevin s různou aplikací hydrosorbentu v roce 2022 v lokalitě Rudoles (porost 926 A 12, SLT 5S)

Minimální ztráty byly zjištěny také při ručním způsobu výsadby v prvním roce po výsadbě. Významnější bylo poškození terminálních výhonů, které bylo způsobeno jednak při vyžínání buřeně, ale také částečně zasycháním terminálního výhonu (především u buku).

Z hlediska výškového přírůstu byl zaznamenán obdobný trend u všech variant aplikace hydrosorbentu bez jednoznačného pozitivního vlivu aplikace různých dávek. Snížení celkové průměrné výšky u buku bylo způsobeno již zmíněnými vlivy poškození terminálního výhonu.

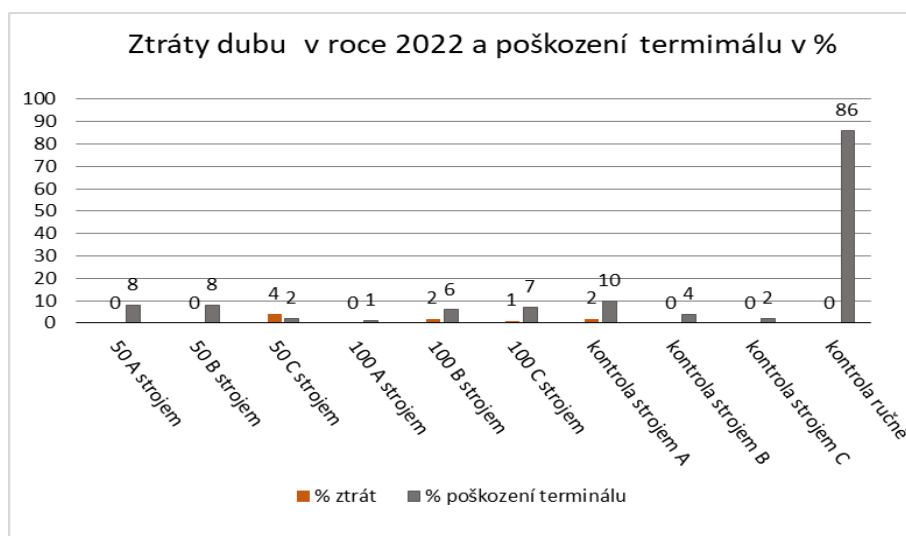
Rudoles (porost 923 B 10, SLT 5K)

Hodnocení prosperity výsadeb dubu letního a smrčku ztepilého bylo provedeno také na druhé testovací ploše v lokalitě Rudoles (porost 923 B 10, SLT 5K) založené na podzim 2021. Schéma výsadeb je znázorněno na obrázku 9. Na jaře 2022 bylo na této ploše provedeno vstupní měření základních morfologických parametrů sadebního materiálu (celková výška a tloušťka kořenového krčku) a v podzimním období proběhlo opakované měření včetně odběru asimilačního aparátu pro stanovení stavu výživy jednotlivých variant výsadeb.



Obr 9: Schéma umístění výsadeb v lokalitě Rudoles (porost 923 B 10, SLT 5K)

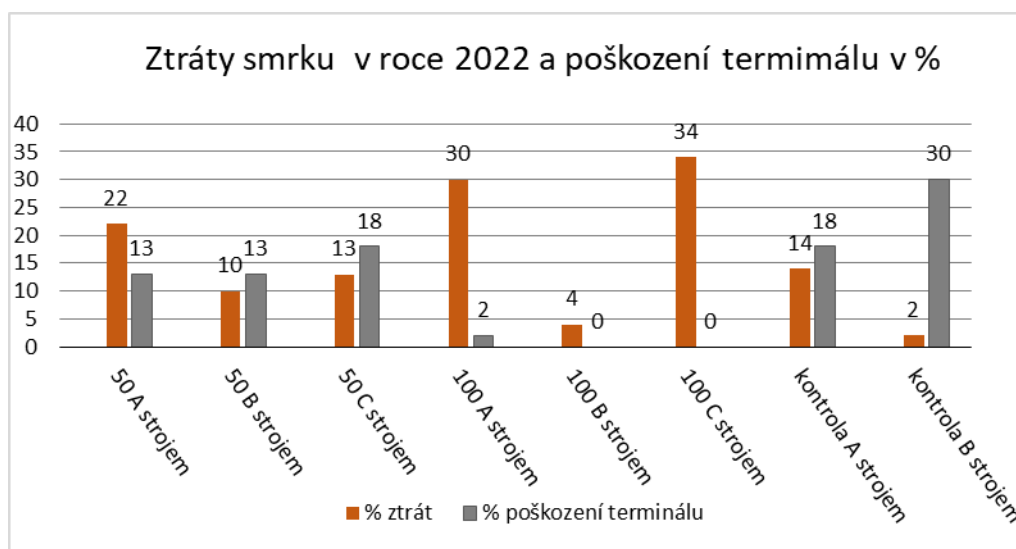
Na obrázku 10 jsou uvedeny ztráty v roce 2022 a poškození nadzemních částí u výsadeb dubu. Jedná se především o poškození terminálního výhonu.



Obr. 10: Vyhodnocení ztrát a poškození terminálního výhonu ve výsadbách dubu s různou aplikací hydrosorbentu v roce 2022 v lokalitě Rudoles (porost 923 B 10, SLT 5K)

Výsledky hodnocení ztrát u dubu v roce 2022 byly podobné jako u výsadeb buku (viz Obr. 5), kdy ve všech variantách testovací výsadby, u výsadby sázecím strojem do připravených pruhů, ztráty nepřekročily 4 %. U ruční jamkové výsadby bylo zaznamenáno značné poškození terminálních výhonů, které bylo způsobeno především při vyžínání buřeně, která byla v místech s ruční výsadbou výrazně bujnější než v pruzích, kde byla provedena příprava substrátu.

Na obrázku 11 jsou znázorněny ztráty v roce 2022 a také poškození nadzemních částí (především terminálního výhonu) u výsadeb smrku.

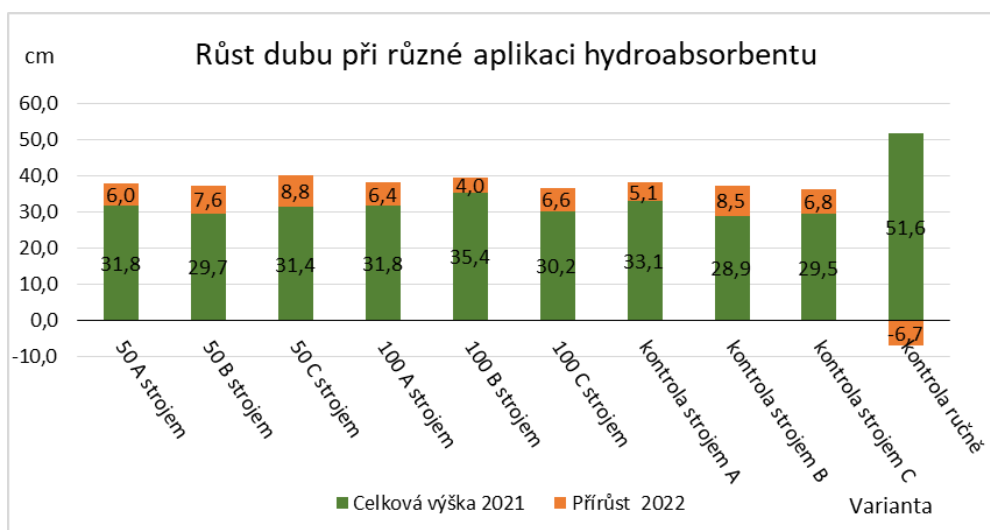


Obr. 11: Vyhodnocení ztrát a poškození terminálního výhonu ve výsadbách smrku s různou aplikací hydrosorbentu v roce 2022 v lokalitě Rudoles (porost 923 B 10, SLT 5K)

U výsadeb smrku byly, na rozdíl od listnatých dřevin, zjištěny vyšší ztráty v prvním roce po výsadbě. Tyto vyšší ztráty mohly být způsobeny jednak pozdním termínem výsadby (prosinec 2021) a také následným nepříznivým vývojem počasí během zimy a časného jara. Z hodnocení ztrát nelze jednoznačně prokázat pozitivní nebo negativní vliv aplikace hydrosorbentu na přežívání vysazeného sadebního materiálu.

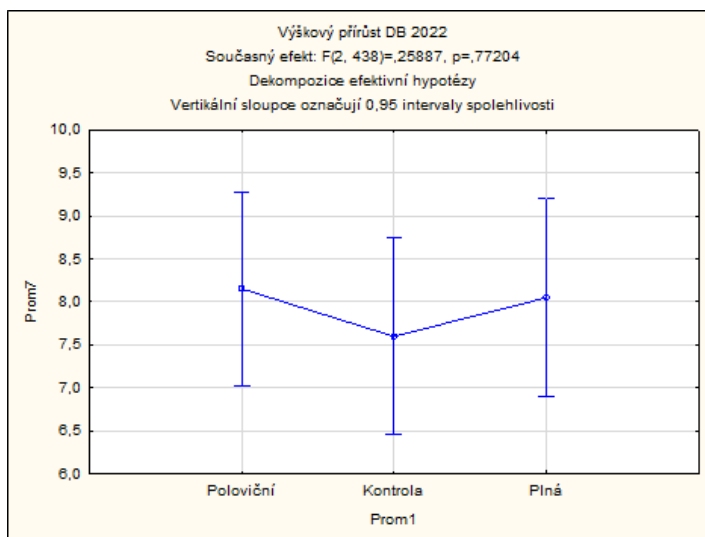
Pro doplnění těchto poznatků je nutno podotknout, že nepříznivý průběh počasí během zimy 2021 – 2022 způsobil, na základě zjištění pracovníků laboratoře „Školkařská kontrola“, vyšší ztráty u podzimních výsadeb jehličnatých dřevin ve většině oblastí ČR.

Průběh výškového přírůstu výsadeb dubu v roce 2022 je zobrazen na obrázku 12.



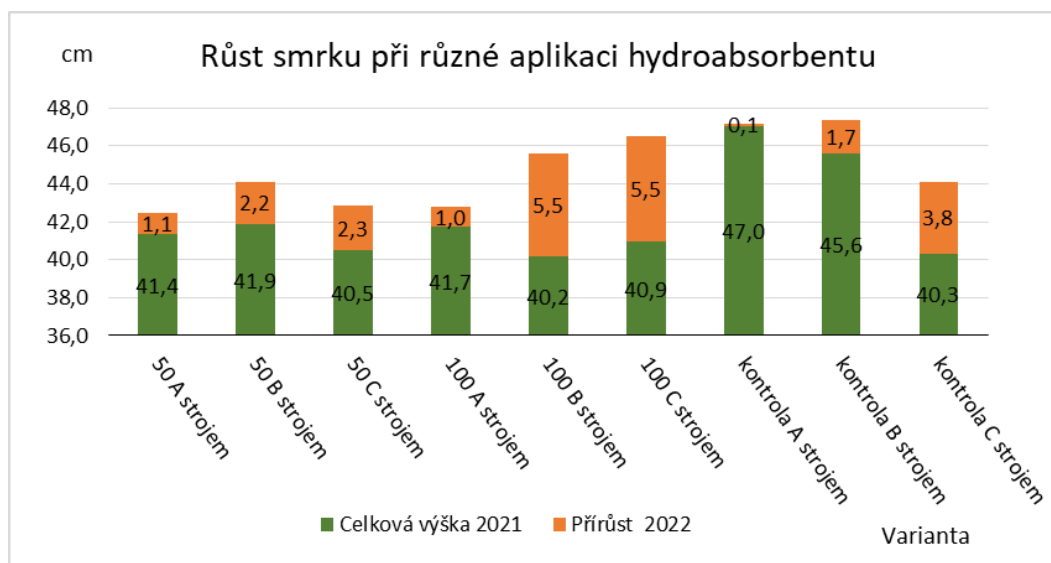
Obr. 12: Vyhodnocení výškového přírůstu ve výsadbách dubu s různou aplikací hydrosorbentu v roce 2022 v lokalitě Rudoles (porost 923 B 10, SLT 5K)

Výškový přírůst výsadeb dubu byl roce 2022 podobný ve všech variantách testování s mechanizovanou přípravou půdy a výsadbou sadebního materiálu. Statistické hodnocení neprokázalo signifikantní rozdíly ve výškovém přírůstu v roce 2022 (obr. 13). Vliv přidávání hydrosorbentu se na přírůstu zásadně neprojevil. U ruční výsadby došlo ke snížení průměrné výšky vysazených jedinců, které bylo způsobeno především poškozením nadzemních částí při vyžínání buřeně.



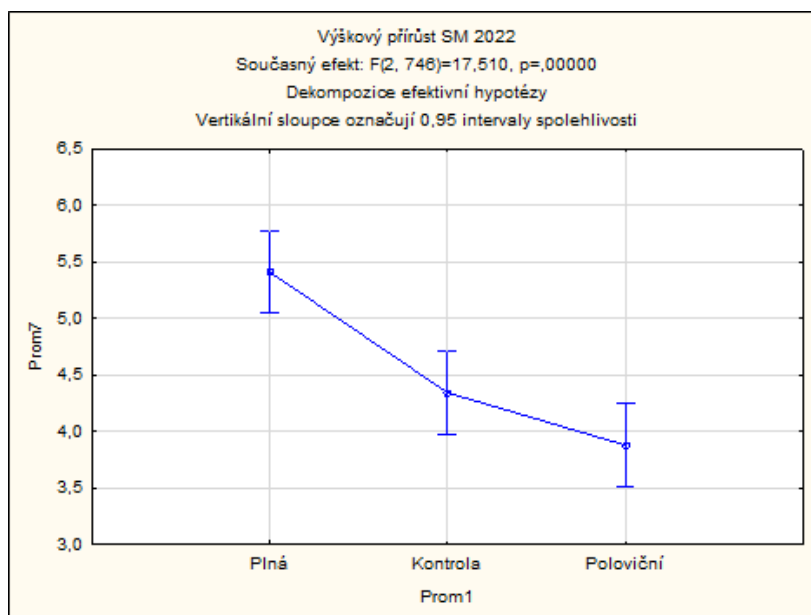
Obr. 13: Výsledky ANOVA pro výškový přírůst dubu v roce 2022 v lokalitě Rudoles (porost 923 B 10, SLT 5K); $n = 159 - 219$

Průběh výškového přírůstu výsadeb smrku v roce 2022 je zobrazen na obrázku 14.



Obr. 14: Vyhodnocení výškového přírůstu ve výsadbách smrku s různou aplikací hydrosorbentu v roce 2022 v lokalitě Rudoles (porost 923 B 10, SLT 5K)

U výškového přírůstu bylo zaznamenáno pozitivní ovlivnění výškového přírůstu ve variantě s aplikací 2 500 kg/ha hydrosorbentu, kdy tato varianta měla dvojnásobný výškový přírůst ve srovnání s variantami s aplikací 1 250 kg/ha a variantou bez aplikace hydrosorbentu. Statistické testování prokázalo signifikantně vyšší výškový přírůst u smrku ve variantě s plnou dávkou přípravku Peletsep (obr. 15). Signifikantní rozdíly mezi poloviční dávkou a kontrolou nebyly zjištěny.



Obr. 15: Výsledky ANOVA pro výškový přírůst smrku v roce 2022 v lokalitě Rudoles (porost 923 B 10, SLT 5K); $n = 256 - 296$

2.5 Hodnocení přístupných živin v půdě a stavu výživy

V září 2022 byly provedeny odběry půdy a asimilačního aparátu sledovaných dřevin pro stanovení dostupnosti a využitelnosti živin v různých stanovištních podmínkách (s a bez aplikace hydrosorbentu).

Odběr půd byl prováděn v pruzích mechanizovaně připravených s aplikací různých dávek hydrosorbentu a bez aplikace. Odběr byl prováděn v místech, kde bylo prováděno měření testovaných výsadeb. Z každé dílčí plochy bylo pomocí půdní trasírky odebráno 20 odběrů, ze kterých byl vytvořen směsný vzorek o objemu cca 1,4 l. Odběr byl prováděn pomocí půdní sondy do hloubky 30 cm. Odběr asimilačního aparátu byl prováděn také na všech dílčích plochách, kde probíhalo měření morfologických znaků. Z každé dílčí plochy byl vytvořen směsný vzorek, kdy byly listy nebo jehlice vždy odebírány z minimálně 20 stromků.

Odebrané půdní vzorky byly analyzovány v laboratoři Ing. Tomáše se sídlem ve Výzkumné stanici v Opočně těmito metodami: procento humusu metodou Springel–Klee, procento dusíku metodou Kjeldahl; rostlinám přístupné živiny (P, K, Ca, Mg – Mehlich III) (Mehlich 1984, Zbiral 1995). Výsledky chemických rozborů byly statisticky hodnoceny pomocí analýzy variance (jednofaktorové ANOVA). Výsledky hodnocení v grafické podobě jsou uvedeny v příloze zprávy. Statistické hodnocení v naprosté většině parametrů neukázalo signifikantní rozdíly mezi jednotlivými variantami experimentu s různou dávkou přípravku Peletsep.

Vybrané výsledky chemických rozborů půdy jsou uvedeny v tabulkách 2 a 3.



Obr. 16: Ukázka výsadeb buku do připravených pruhů s aplikací hydrosorbentu Peletsep

Tab. 2: Výsledky stanovení celkového dusíku, spalitelných látek a humusu v půdě v roce 2021 na testovací ploše 1

Označení variant	Dřevina	Humus (%)	Oxidovatelný uhlík (%)	Spalitelné látky (%)	Dusík (%)
0 % A	BK	5,1	2,9	9,5	0,17
0 % B	BK	5,2	3,0	9,9	0,12
0 % C	BK	19,1	11,1	27,4	0,50
Průměr 0 %	BK kontrola	9,8	5,7	15,6	0,3
50 % A	BK	18,7	10,8	28,7	0,48
50 % B	BK	4,8	2,8	9,7	0,12
50 % C	BK	6,4	3,7	11,2	0,16
Průměr 50 %	BK 50 %	10,0	5,8	16,5	0,26
100 % A	BK	10,7	6,2	16,7	0,31
100 % B	BK	8,4	4,9	12,5	0,19
100 % C	BK	8,0	4,6	12,7	0,20
Průměr 100 %	BK 100 %	9,0	5,2	13,9	0,24

Tab. 3: Výsledky stanovení rostlinám přístupných živin v půdě (Melich 3) v roce 2021 na testovací ploše 1

Označení variant	Dřevina	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
0 % A	BK	4	111	291	78
0 % B	BK	1	119	355	79
0 % C	BK	1	471	795	161
Průměr 0 %	BK kontrola	2	233,7	480,3	106,0
50 % A	BK	2	185	653	130
50 % B	BK	1	107	349	81
50 % C	BK	1	138	367	87
Průměr 50 %	BK 50 %	1,3	143,3	456,3	99,3
100 % A	BK	4	193	583	111
100 % B	BK	2	120	429	90
100 % C	BK	4	206	443	93
Průměr 100 %	BK 100 %	3,3	173,0	485,0	98,0

Na základě laboratorně zjištěných hodnot je patrný rozdíl v zásobě živin mezi testovacími plochami. Na první ploše s výsadbou buku, která je umístěna na SLT 5S byla zaznamenáno vyšší množství živin i humusu ve srovnání s druhou plochou (výsadba DB a SM), která je umístěna na SLT 5K (tab. 4 a 5). Na testovacích plochách je značná variabilita obsahu jednotlivých živin. Tato variabilita je vyšší než vliv aplikace organického hydrosorbentu.

Na základě opakovaných rozborů na ploše s výsadbou buku lze konstatovat, že dochází k poklesu dostupných živin i obsahu humusu v půdě. Tento fakt je způsoben mineralizací humusu a odběrem živin způsobených především rozvojem travní a bylinné vegetace.

Tab. 4: Výsledky stanovení celkového dusíku, spalitelných látek a humusu v půdě v roce 2022

Původní Označení	Dřevina	Humus	Oxidovatelný uhlík	Spalitelné látky	Dusík
		(%)	(%)	(%)	(%)
0 % A	DB	4,7	2,7	8,3	0,13
0 % B	DB	5,0	2,9	9,5	0,14
0 % C	DB	3,7	2,1	7,7	0,10
Průměr 0 %	DB kontrola	4,5	2,6	8,5	0,12
50 % A	DB	5,0	2,9	8,6	0,12
50 % B	DB	5,6	3,3	9,6	0,15
50 % C	DB	4,6	2,7	8,4	0,12
Průměr 50 %	DB 50%	5,1	3,0	8,9	0,13
100 % A	DB	5,1	3,0	10,3	0,13
100 % B	DB	3,9	2,3	8,7	0,11
100 % C	DB	4,7	2,7	8,2	0,12
Průměr 100 %	DB 100%	4,6	2,7	9,0	0,12
0 % A	SM	4,7	2,7	8,8	0,14
0 % B	SM	5,4	3,1	10,0	0,14
0 % C	SM	5,3	3,1	9,1	0,13
Průměr 0 %	SM kontrola	5,1	3,0	9,3	0,14
50 % A	SM	5,0	2,9	9,8	0,12
50 % B	SM	4,2	2,4	8,5	0,13
50 % C	SM	6,4	3,7	10,7	0,15
Průměr 50 %	SM 50 %	5,2	3,0	9,7	0,13
100 % A	SM	5,1	3,0	10,5	0,14
100 % B	SM	5,0	2,9	9,5	0,14
100 % C	SM	4,4	2,6	9,0	0,13
Průměr 100 %	SM 100 %	4,9	2,8	9,7	0,14
0 % A	BK	9,3	5,4	14,9	0,22
0 % B	BK	7,9	4,6	13,0	0,21
0 % C	BK	9,1	5,3	12,9	0,21
Průměr 0 %	BK kontrola	8,8	5,1	13,6	0,21
50 % A	BK	9,0	5,2	12,9	0,20
50 % B	BK	6,6	3,8	13,5	0,20
50 % C	BK	9,9	5,7	14,5	0,26
Průměr 50 %	BK 50 %	8,5	4,9	13,6	0,22
100 % A	BK	8,8	5,1	14,4	0,22
100 % B	BK	11,9	6,9	16,2	0,27
100 % C	BK	8,9	5,1	13,5	0,23
Průměr 100 %	BK 100 %	9,9	5,7	14,7	0,24

Tab. 5: Výsledky stanovení rostlinám přístupných živin v půdě (Melich 3) v roce 2022

Původní označení	Dřevina	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
0 % A	DB	1	144	208	57
0 % B	DB	1	151	233	58
0 % C	DB	1	138	206	54
Průměr 0 %	DB kontrola	1,0	144,3	215,7	56,3
50 % A	DB	1	144	214	56
50 % B	DB	1	145	217	58
50 % C	DB	1	144	203	54
Průměr 50 %	DB 50 %	1,0	144,3	211,3	56,0
100 % A	DB	1	145	202	56
100 % B	DB	1	132	173	52
100 % C	DB	1	142	219	56
Průměr 100 %	DB 100%	1,0	139,7	198,0	54,7
0 % A	SM	1	149	218	57
0 % B	SM	1	152	211	58
0 % C	SM	1	149	232	59
Průměr 0 %	SM kontrola	1,0	150,0	220,3	58,0
50 % A	SM	1	163	270	58
50 % B	SM	1	136	213	55
50 % C	SM	1	161	255	64
Průměr 50 %	SM 50%	1,0	153,3	246,0	59,0
100 % A	SM	1	162	214	58
100 % B	SM	1	157	234	60
100 % C	SM	1	158	230	59
Průměr 100 %	SM 100 %	1,0	159,0	226,0	59,0
0 % A	BK	1	175	337	73
0 % B	BK	2	157	286	67
0 % C	BK	1	169	281	67
Průměr 0 %	BK kontrola	1,3	167,0	301,3	69,0
50 % A	BK	2	164	278	67
50 % B	BK	1	154	276	65
50 % C	BK	1	162	330	75
Průměr 50 %	BK 50%	1,3	160,0	294,7	69,0
100 % A	BK	2	194	353	75
100 % B	BK	2	242	432	85
100 % C	BK	2	188	340	76
Průměr 100 %	BK 100%	2,0	208,0	375,0	78,7

Nižší obsah jednotlivých živin v asimilačním aparátu ve výsadbách buku na testovací ploše 1 (tab. 6) naznačuje pokračující nižší schopnost nově vysazených rostlin přijímat živiny. Ve srovnání výsledků s rokem 2021 došlo v roce 2022 (tab. 7) k mírnému zlepšení ve výživě dusíkem.

Stav výživy u draslíku a hořčíku se nezměnil a u fosforu a vápníku došlo k poklesu. Všechny základní živiny se prozatím nachází v optimálním nebo mírně sníženém (P, Mg) obsahu v asimilačním aparátu, proto lze očekávat standartní růstovou odezvu v následujících letech.

Tab. 6: Výsledky stanovení živin v asimilačním aparátu buku v roce 2021 (testovací plocha 1)

Označení variant		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
BK	0 % A	1,16	0,134	0,31	1,098	0,137
BK	0 % B	1,24	0,160	0,33	1,341	0,128
BK	0 % C	1,43	0,104	0,30	1,026	0,126
Průměr 0 %		1,28	0,13	0,31	1,16	0,13
BK	50 % A	1,23	0,145	0,30	1,253	0,146
BK	50 % B	1,21	0,159	0,32	1,165	0,126
BK	50 % C	1,32	0,139	0,35	1,261	0,120
Průměr 50 %		1,25	0,148	0,32	1,226	0,131
BK	100 % A	1,20	0,183	0,31	1,380	0,144
BK	100 % B	1,21	0,198	0,33	1,364	0,143
BK	100 % C	1,21	0,167	0,30	1,200	0,137
Průměr 100 %		1,21	0,183	0,31	1,315	0,141
DB	0 % kontrola	1,93	0,123	0,57	1,190	0,243
Optimální hodnoty obsahu pro buk		1,8 – 2,5	0,15- 0,3	0,5-1	0,4-1	0,15-0,3

Tab. 7: Výsledky stanovení živin v asimilačním aparátu buku v roce 2022 (testovací plocha 1)

Označení variant		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
BK	0 % A	1,59	0,104	0,30	0,809	0,121
BK	0 % B	1,59	0,104	0,30	0,799	0,116
Průměr 0 %		1,59	0,10	0,30	0,80	0,12
BK	50 % A	1,53	0,071	0,27	1,011	0,120
BK	50 % B	1,67	0,080	0,31	0,876	0,132
BK	50 % C	1,52	0,098	0,31	0,835	0,129
Průměr 50 %		1,57	0,08	0,30	0,91	0,13
BK	100 % A	1,49	0,108	0,32	0,798	0,130
BK	100 % B	1,64	0,122	0,36	0,820	0,114
BK	100 % C	1,63	0,113	0,33	0,885	0,122
Průměr 100 %		1,59	0,11	0,34	0,83	0,12
Optimální hodnoty obsahu pro buk		1,8 – 2,5	0,15- 0,3	0,5-1	0,4-1	0,15-0,3

Vliv využití hydrosorbentu se ve výživě buku prozatím neprojevil.

Výsledky hodnocení stavu výživy smrku a dubu v roce 2022 jsou uvedeny v tabulce 8 a 9.

Tab. 8: Výsledky stanovení živin v asimilačním aparátu smrku v roce 2022 (testovací plocha 2)

Označení variant		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
SM	0 % A	0,83	0,113	0,45	0,171	0,074
SM	0 % B	1,02	0,104	0,42	0,192	0,072
SM	0% C	0,97	0,113	0,50	0,222	0,078
Průměr 0 %		0,94	0,11	0,46	0,20	0,075
SM	50 % A	0,98	0,123	0,41	0,141	0,060
SM	50 % B	0,80	0,133	0,48	0,147	0,069
SM	50 % C	0,82	0,118	0,47	0,186	0,078
Průměr 50 %		0,86	0,12	0,45	0,16	0,069
SM	100 % A	1,19	0,153	0,52	0,287	0,097
SM	100 % B	0,87	0,124	0,46	0,191	0,079
SM	100 % C	0,80	0,120	0,51	0,160	0,089
Průměr 100 %		0,95	0,13	0,50	0,21	0,088
Optimální hodnoty obsahu pro smrk		1,2 – 1,7	0,1- 0,2	0,35-0,9	0,15-0,6	0,06-0,15

Nižší obsah jednotlivých živin v asimilačním aparátu smrku (zejména dusíku), naznačuje prozatím nižší schopnost nově vysazených rostlin přijímat živiny. Tento příjem se pravděpodobně zlepší až s postupným rozvojem kořenových systémů v půdě.

Tab. 9: Výsledky stanovení živin v asimilačním aparátu dubu v roce 2022 (testovací plocha 2)

Označení variant		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
DB	0 % A	2,41	0,163	0,65	0,718	0,159
DB	0 % B	2,45	0,160	0,75	0,410	0,141
DB	0% C	2,48	0,154	0,61	0,779	0,164
Průměr 0 %		2,45	0,16	0,67	0,64	0,15
DB	50 % A	2,47	0,147	0,66	0,651	0,136
DB	50 % B	2,40	0,180	0,72	0,533	0,147
DB	50 % C	2,38	0,139	0,64	0,661	0,146
Průměr 50 %		2,42	0,16	0,67	0,62	0,14
DB	100 % A	2,70	0,176	0,70	0,506	0,118
DB	100 % B	2,58	0,154	0,77	0,571	0,119
DB	100 % C	2,64	0,161	0,64	0,693	0,122
Průměr 100 %		2,64	0,16	0,70	0,59	0,12
Optimální hodnoty obsahu pro dub		1,5 – 2,5	0,1- 0,18	0,5-1	0,3-0,8	0,1-0,25

Relativně optimální stav výživy u dubu lze částečně vysvětlit pravděpodobně vyšší zásobou živin v substrátu krytokořeného sadebního materiálu dubu, který byl pro výsadbu použit. Také z hodnocení výživy smrku a dubu nelze prozatím pozorovat vliv aplikace hydrosorbentu na obsahy živin v asimilačním aparátu.

2.6 Ekonomické zhodnocení využití testovaných postupů obnovy

Na základě podkladů od zadavatele projektu byly stanoveny průměrné náklady na obnovu lesa na kalamitních holinách s technologií zpracování hydrosorbentu do půdy, které na LS Ledec nad Sázavou činily 412 000 Kč/ha. V těchto nákladech bylo započítáno, drcení těžebních zbytků, hloubková příprava půdy v pruzích (včetně aplikace hydrosorbentu), výsadba, sadební materiál a náklady na výstavbu oplocenek.

Pro srovnání je možno využít komparaci hospodářských opatření a přímých nákladů na obnovu lesa ve standardních podmínkách („etalonu“) pro různé soubory lesních typů, které byly zpracovány v rámci řešení projektu NAZV „Zakládání a výchova směsí přípravných a cílových dřevin plnicích produkční a mimoprodukční funkce lesa v oblastech velkoplošně hynoucích smrkových porostů“.

Přímé náklady na obnovu lesa dle „standartního postupu“ pro SLT 5K byly vypočteny na 235 000 Kč/ha a pro SLT 5S 275 000 Kč/ha tyto náklady navíc kalkulují péči o založené kultury a první výchovné zásahy.

Z porovnání těchto hodnot vyplývají výrazně vyšší náklady na obnovu kalamitních holin s aplikací hydrosorbentu. Toto navýšení jde na vrub především na přípravu půdy s aplikací hydrosorbentu, která je kalkulována na 173 500 Kč/ha.

Prokazatelně pozitivní vliv aplikace hydrosorbentu na ujmavost a růst v prvních letech po výsadbě nebyl při tomto testování prokázán. Pozitivním efektem pruhové přípravy půdy bylo prozatím částečné tlumení růstu buřeneš, které se projevilo minimálním poškozením výsadeb při vyžínání.

Během řešení projektu také významně stoupla cena hydrosorbentu Peletsep jehož cena vzrostla z 27 Kč/kg v roce 2021 na 45 Kč/kg v roce 2022. Při použití 0,5 kg tohoto materiálu při ruční jamkové výsadbě tak činní pouze materiálové náklady 13,60 – 22,50 Kč/sazenice.

Také při této aplikaci hydrosorbentu nebyl prokázán jednoznačný pozitivní vliv na ujmavost a růst sadebního materiálu.

Z výsledků ekonomické analýzy je zřejmé, že vzhledem k prozatím jednoznačně neprokázanému pozitivnímu efektu testovaných postupů s aplikací hydrosorbentu na ujmavost a růst výsadeb je navýšení nákladů v řádech desítek procent z ekonomického hlediska neúčelné navyšování nákladů na obnovu kalamitních ploch.

3 Závěr

Fyzikální vlastnosti půd – nasákavost

Nejdůležitějším zjištěním je fakt, že se zvyšující dávka přípravku Peletsep neprojevila v průběhu změn obsahu vody (nejnižší obsah vody byl zaznamenán při aplikaci 1250 kg/ha, vyšší hodnoty obsahu vody byly zaznamenány ve variantě „kontrola“ bez aplikace přípravku Peletsep). Z hlediska vyhodnocení rozdílů mezi variantami s různou dávkou přípravku jsou výsledky výrazně ovlivněny také obsahem organické hmoty, která se na lokalitách přirozeně vyskytuje ve formě humusových vrstev a těžebních zbytků. Množství této organické hmoty je na kalamitních holinách značně nerovnoměrné.

Chemické vlastnosti hydrosorbentu Peletsep

Výsledky hodnocení obsahu ukázaly podobné obsahy živin, které jsou zaznamenávány ve svrchních vrstvách humusu v lesních půdách.

Pro stanovení míry účinnosti aplikace melioračního materiálu je ovšem nutno poznamenat, že množství humusu v lesních půdách v ČR se pohybuje mezi 50 – 100 t/ha, proto lze

předpokládat, že meliorační účinek aplikace materiálu se projeví především v lokalitách, kde je množství humusu výrazně limitováno.

Hodnocení ujmavosti a růstu modelových dřevin na výzkumných plochách

Výsledky testování různých postupů umělé obnovy kalamitních holin s využitím aplikace hydrosorbentu Peletsep neukázaly jednoznačný pozitivní efekt použití tohoto přípravku na ujmavost a růst v prvních letech po výsadbě u modelových dřevin (buk lesní, dub letní a smrk ztepilý).

Pozitivně se projevila pruhová příprava půdy do hloubky 25 cm, která usnadnila (společně s mechanizovanou výsadbou) následnou péči o založené kultury a tím snížila poškození výsadeb při vyžínání buřeně.

Hodnocení přístupných živin v půdě a stavu výživy

Výsledky chemických analýz také prozatím neprokázaly významný vliv na stav výživy vysazených rostlin. Výsledky lze vysvětlit faktem, že po vytěžení dospělých porostů s dominancí smrku je na stanovišti akumulováno 50 – 100 tun organického materiálu v různých vrstvách humusu. Tento materiál je přirozeným hydrosorbentem a po zapracování do půdy má pravděpodobně podobné vlastnosti jako aplikovaný materiál Peletsep.

Ekonomické zhodnocení využití testovaných postupů obnovy

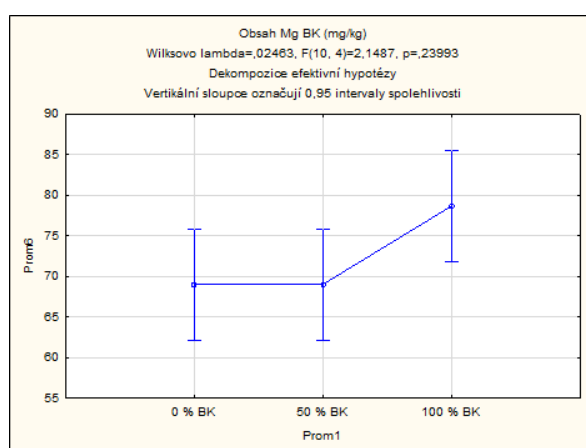
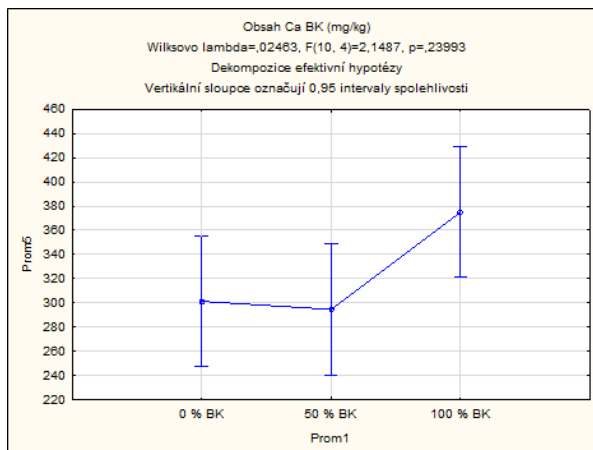
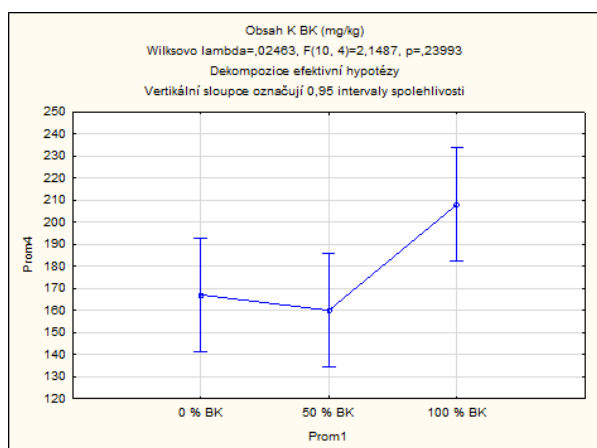
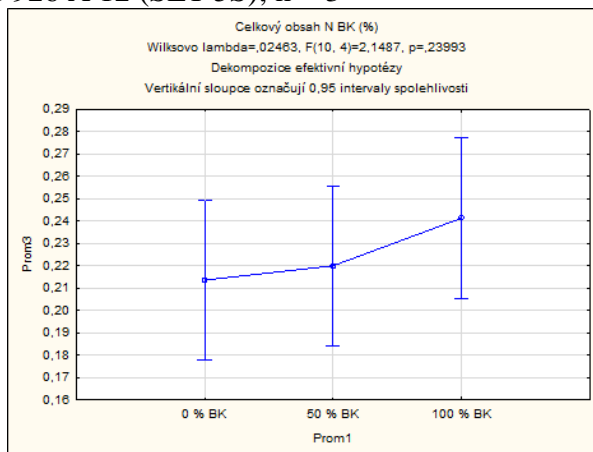
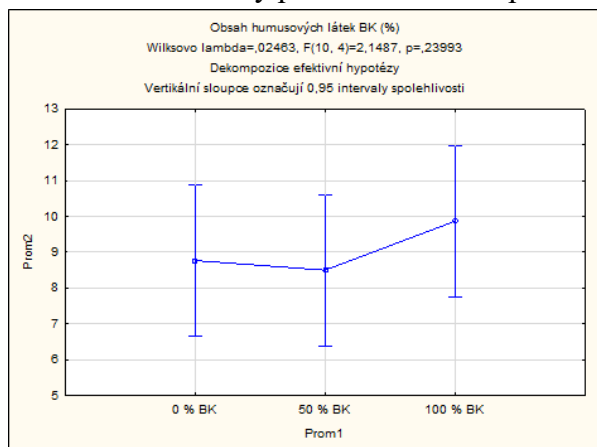
Náklady na obnovu s využitím mechanizované přípravy půdy a aplikace hydrosorbentu byly ovšem téměř dvojnásobné ve srovnání s modelovým standardem. Tyto zvýšené náklady tak nejsou, na základě výsledků šetření, ekonomicky efektivní.



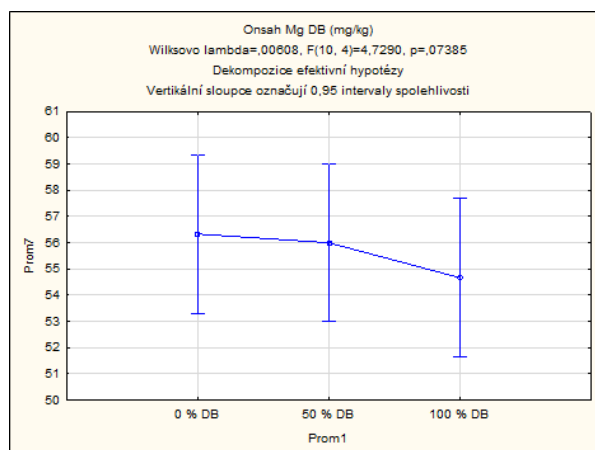
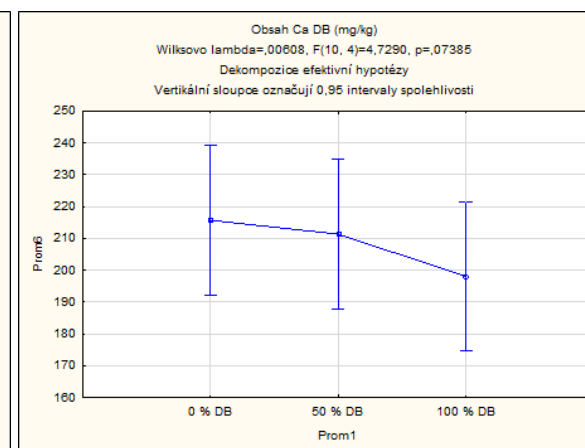
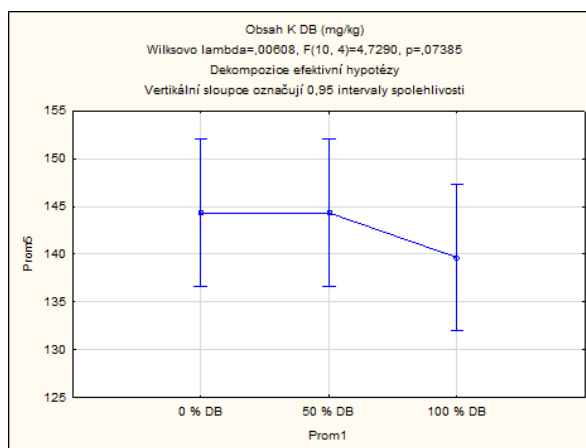
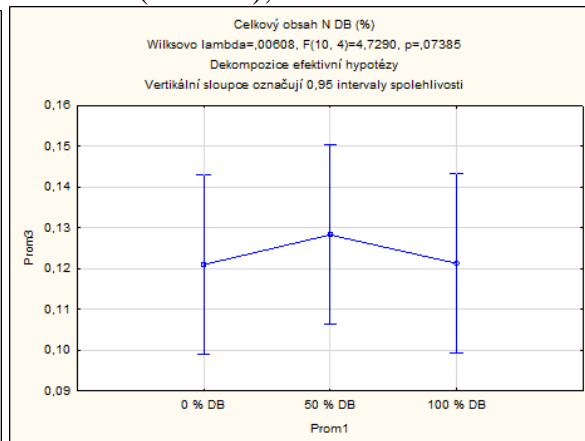
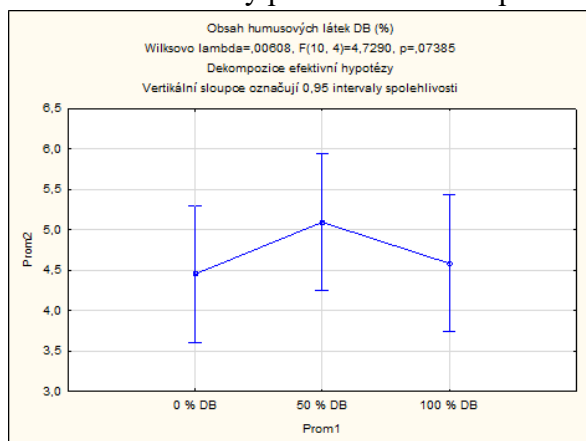
Obr. 17: Ukázka výsadeb buku do připravených pruhů s aplikací hydrosorbentu Peletsep druhý rok po výsadbě

Přílohy – výsledky statistického hodnocení chemických rozborů půd a rostlinného materiálu

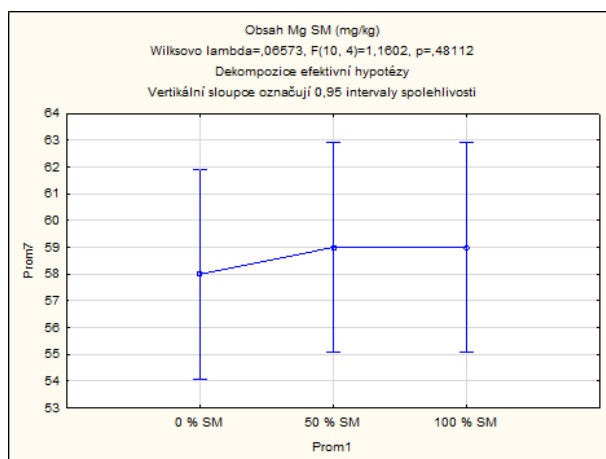
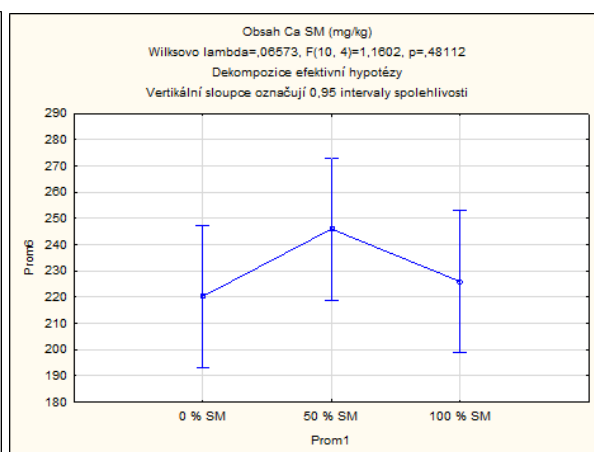
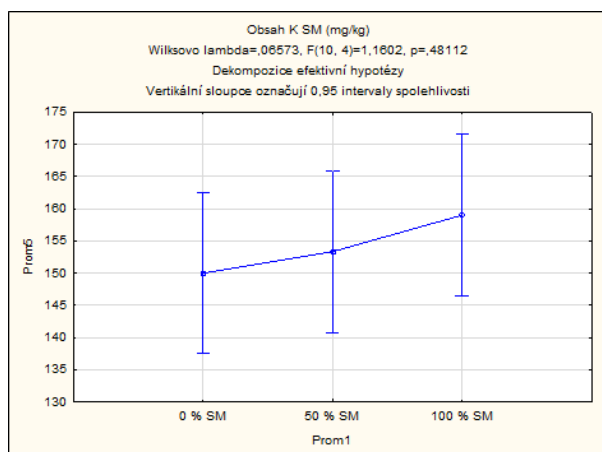
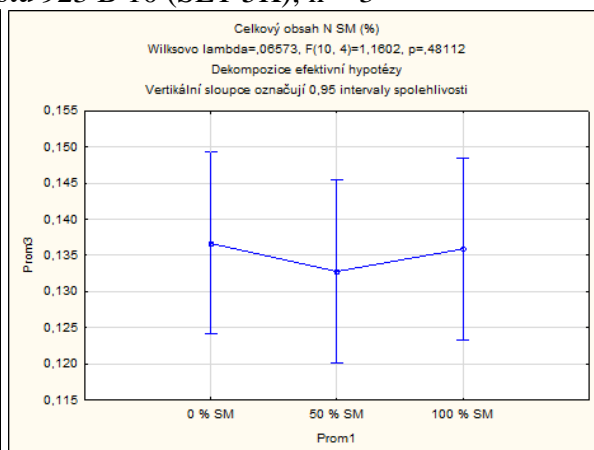
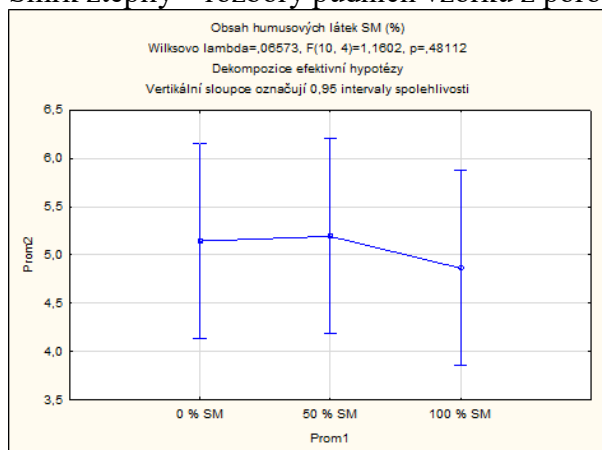
Buk lesní – rozborů půdních vzorků z porostu 926 A 12 (SLT 5S); n = 3



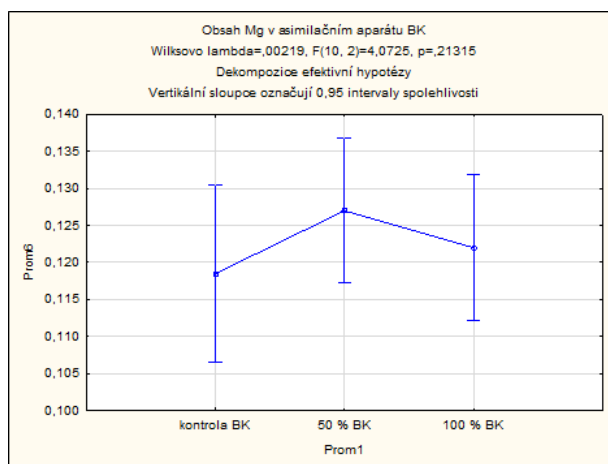
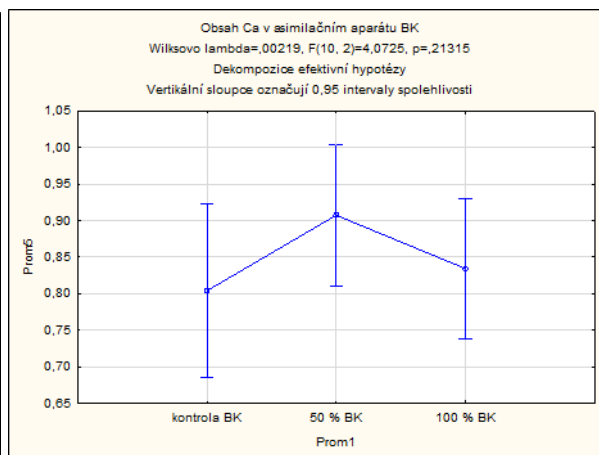
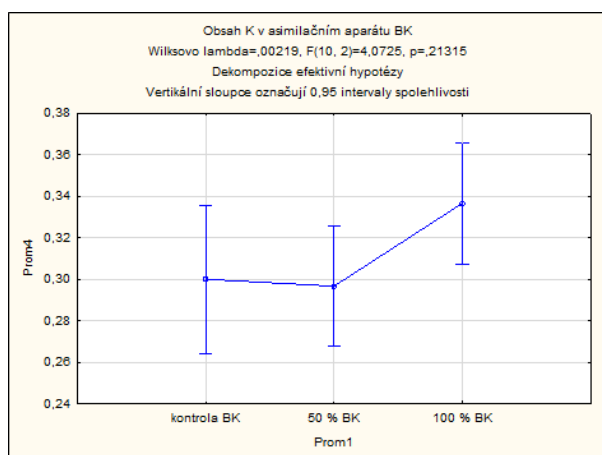
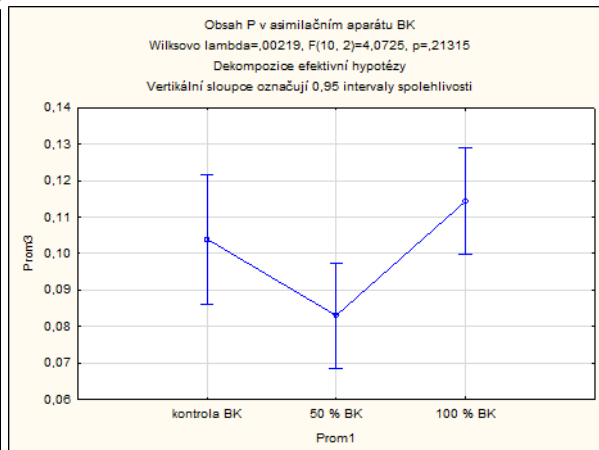
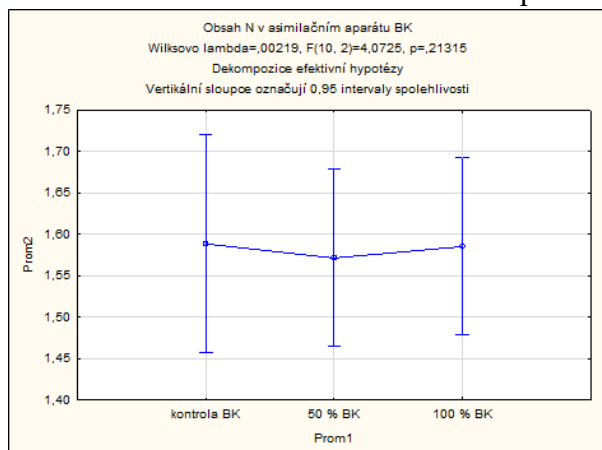
Dub letní – rozborů půdních vzorků z porostu 923 B 10 (SLT 5K); n = 3



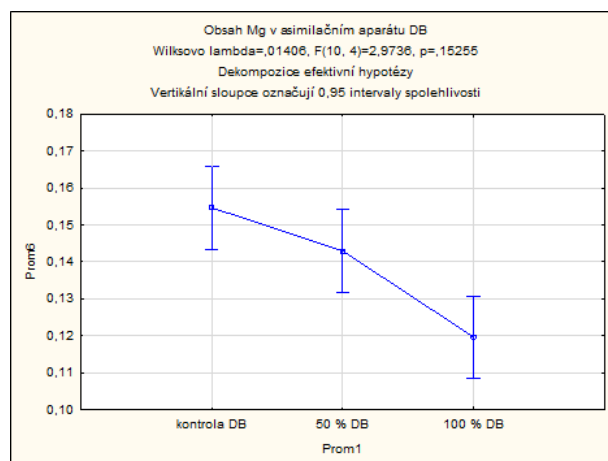
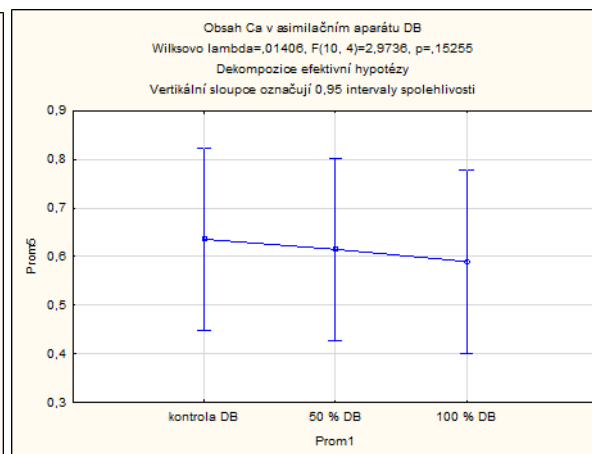
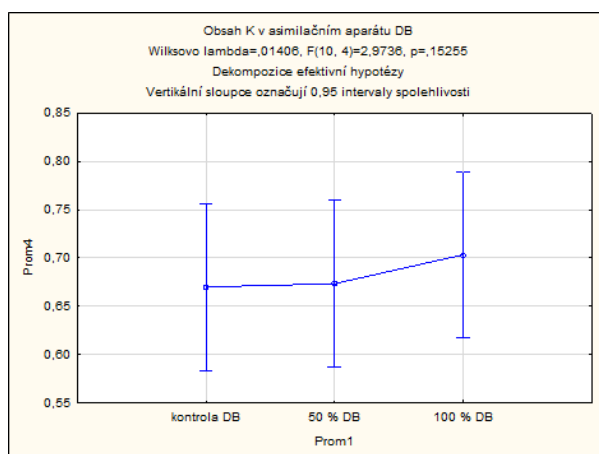
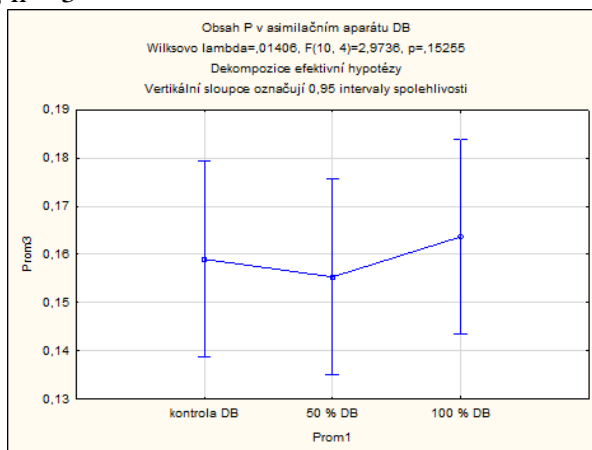
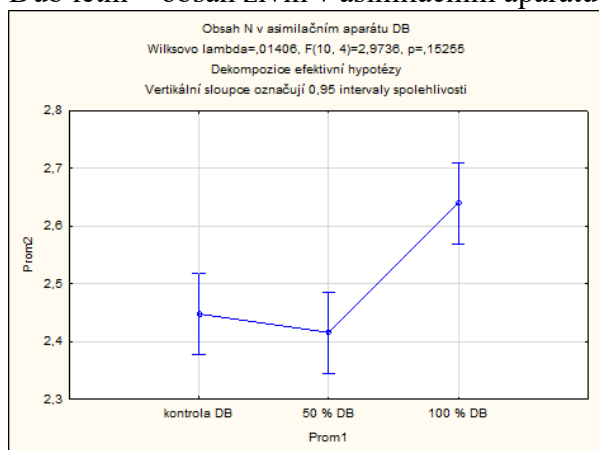
Smrk ztepilý – rozborů půdních vzorků z porostu 923 B 10 (SLT 5K); n = 3



Buk lesní – obsah živin v asimilačním aparátu; n = 3



Dub letní – obsah živin v asimilačním aparátu; n = 3



Smrk ztepilý – obsah živin v asimilačním aparátu; n = 3

