

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ
KATEDRA PĚSTOVÁNÍ LESŮ**



**Vyhodnocení vlivu půdních kondicionérů na ujímavost a míru
stresu výsadby javoru kleny v lokalitě Chlumek v Kraji
Vysočina**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor: **Bc. Jiří Březka**

Vedoucí práce: **Ing. Martin Baláš, Ph.D.**

© 2023 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jiří Březka

Lesní inženýrství

Název práce

Vyhodnocení vlivu půdních kondicionérů na ujímavost a míru stresu výsadby javoru kleny v lokalitě Chlumek v Kraji Vysočina

Název anglicky

Evaluation of the Influence of Soil Conditioners on the Survival Rate and Stress Level of Sycamore Maple Seedlings in the Chlumek Locality, the Vysočina Region

Cíle práce

Cílem práce je posoudit vliv půdního kondicionéru – hydrofilního polymeru na ujímavost výsadby javoru kleny (*Acer pseudoplatanus*) ve specifických podmínkách obnovy holiny po kůrovcové těžbě. Dílčím cílem je vyhodnotit míru stresu jedinců pomocí měření fotosyntetické aktivity. Dalším cílem je navrhnout opatření ve smyslu využití kondicionéru, která mohou pomoci při zvýšení ujímavosti a snížení stresu při obnově lesa.

Metodika

Měření předchází literární rešerše na téma využití půdních kondicionérů za účelem snížení stresu rostlin po přesazení.

Práce je založena na terénním měření na pasece v katastrálním území obce Chlumek (Kraj Vysočina).

V rámci práce se hodnotí vitalita a přírůsty jedinců dle metodiky AOPK převzaté z metodiky Lesprojektu, a to vždy na začátku a na konci vegetačního období.

Dále se hodnotí fotosyntetická aktivita pomocí přístroje fluorpen (měření fotosyntetický aktivního záření), a to v období největšího stresu suchem.

Jednotlivé zkoumané varianty jsou: sazenice s přidavkem hydrogelu a sazenice kontrolní (bez přidavku hydrogelu)

Údaje získané z terénního šetření budou následně analyzovány pomocí statistických nástrojů s cílem vyhodnotit vliv kondicionéru na lesní kulturu v daných podmínkách.

Založení pokusných ploch a vstupní měření: jaro 2022

Měření na konci vegetačního období: září–říjen 2022

Předložení naměřených dat: listopad 2022

Předložení zpracovaných výsledků a diskuse: březen 2023

Doporučený rozsah práce
cca 50 s., grafické přílohy dle potřeby

Klíčová slova

ujímavost, mortalita, hydrofilní polymery, AOPK, vegetační období

Doporučené zdroje informací

- AHMED E. M. 2015: Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. *Journal of Advanced Research*, 6: 2: 105–121. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2013.07.006>
- ČSN 48 2116 Umělá obnova lesa a zalesňování: Artificial reforestation and afforestation. Úřad pro technickou normalizaci, meteorologii a státní zkušebnictví, Praha, 2015.
- GROSSNICKLE S.C., EL-KASSABY Y.A. 2016: Bareroot versus container stocktypes: a performance comparison. *New Forests*, 47: 1–51.
- POLENO, Z. – VACEK, S. – PODRÁZSKÝ, V. *Pěstování lesů. I., Ekologické základy pěstování lesů*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2011. ISBN 978-80-87154-99-1.
- PULKRAB K., ŠIŠÁK L., BARTUNĚK J. 2008: Hodnocení efektivnosti v lesním hospodářství. *Lesnická práce*, Kostelec nad Černými lesy, 131 s.
- REPÁČ I., BELKO M. 2020: Vývoj lesnej kultúry smreka obyčajného a buka lesného po aplikácii hnojiva a hydrogelu na kalamitnej ploche v pohorí Javorie, stredné Slovensko. *Zprávy lesnického výzkumu*, 65: 4: 232–241.
- REPÁČ I., KMEŤ J., VENCURIK J., BALANDA M. 2013: Účinky aplikácie komerčných stimulačných prípravkov na prežívanie, rastové a fyziologické parametre výsadby smreka obyčajného a buka lesného. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58: 2: 167–175.
- REPÁČ I. 2019: Hodnotenie vývoja lesnej kultúry buka lesného a smreka obyčajného päť rokov po aplikácii mykorrhíznych a hydroabsorpčných prípravkov pri výsadbe. *Zprávy lesnického výzkumu*, 64: 2: 57–64.
- ROBERTS B. R., LINDER R. S., KRAUSE CH. R., HARMANIS R. 2012: Humectants as Post-plant Soil Amendments: Effects on Growth and Physiological Activity of Drought-stressed, Container-grown Tree Seedlings. *Arboriculture and Urban Forestry*, 38: 1: 6–12.
- TOMÁŠKOVÁ I., SVATOŠ M., MACKŮ J., VANICKÁ H., RESNEROVÁ K., ČEPL J., HOLUŠA J., HOSSEINI S., DOHRENBUSCH A. 2020: Effect of Different Soil Treatments with Hydrogel on the Performance of Drought-Sensitive and Tolerant Tree Species in a Semi-Arid Region. *Forests*, 11: 2: 1–15, ISSN 1999-4907.
-

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Martin Baláš, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 11. 7. 2022

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 31. 8. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 02. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Vyhodnocení vlivu půdních kondicionérů na ujímavost a míru stresu výsadby javoru klenu v lokalitě Chlumek v Kraji Vysočina** vypracoval samostatně pod vedením Ing. Martina Baláše, Ph.D. a použil jsem jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze 1. 4. 2023

.....

Poděkování

Děkuji vedoucímu Ing. Martinu Balášovi, Ph.D. za vedení mé diplomové práce, cenné rady a připomínky. Dále bych rád poděkoval Ing. Janu Macků, Ph.D. a Ing. Tomáši Holečkovi, kteří mi byli též velmi nápomocni při psaní této závěrečné práce. V neposlední řadě děkuji své rodině za trpělivost a za pomoc při studiu.

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na vyhodnocení vlivu půdních kondicionérů na ujímavost a míru stresu výsadby javoru kleny v lokalitě Chlumek v Kraji Vysočina.

Pro zjištění účinnosti hydrofilních polymerů byl proveden laboratorní experiment, ve kterém byly vytvořeny 4 vzorky půdní směsi. První vzorek byl jen samotná půda, druhý byl půda s hydrogelem, třetí vzorek byl směs půdy a pilin a čtvrtý vzorek byl směs půdy, hydrogelu a pilin. Vzorky byly dány do komory weis, kde bylo simulováno extrémní sucho v jarním období. Délka tohoto měření trvala 35 dní. Směs půdy, hydrogelu a pilin zadržela největší množství vody.

V rámci terénního experimentu bylo do lesa vysazeno 100 sazenic, ke kterým byl aplikován hydrogel a 100 sazenic jako kontrolní vzorek. Při jarní výsadbě bylo provedeno měření tloušťky a výšky sazenic. Po uplynutí vegetačního období bylo provedeno druhé měření. Z dat terénního měření je patrné, že hydrogely mají o 7 % menší mortalitu než kontrolní sazenice. Vliv hydrogelu na výškový a tloušťkový přírůst nebyl statisticky významný.

V kapitole Diskuse jsou rozebrány výsledky v souvislosti s podobnými výzkumy, které se tímto tématem zabývaly.

KLÍČOVÁ SLOVA

ujímavost, mortalita, hydrofilní polymery, AOPK, vegetační období

ABSTRACT

The diploma thesis focuses on evaluating the impact of soil conditioners on the survival rate and stress level of maple tree planting in the Chlumeck area in the Vysočina region.

To determine the effectiveness of hydrophilic polymers, a laboratory experiment was conducted, where the four samples of soil mixture were created. The first sample was only soil, the second sample was soil with hydrogel, the third sample was a mixture of soil and sawdust, and the fourth sample was a mixture of soil, hydrogel, and sawdust. The samples were placed in a Weis chamber, where an extreme drought was simulated during the spring period, and the measurement lasted for 35 days. The soil, hydrogel, and sawdust mixture retained the largest amount of water.

In a field experiment, 100 seedlings were planted in the forest, and hydrogel was applied to half of them, while the other half served as a control sample. The thickness and height of the seedlings were measured during spring planting, and a second measurement was carried out after the growing season. The field data suggest that hydrogels have a 7 % lower mortality rate than the control seedlings. The impact of hydrogel on height and thickness growth was not statistically significant.

In the Discussion chapter, the results are compared with similar research on this topic.

KEY WORDS

receptivity, mortality, hydrophilic polymer, AOPK, vegetation period

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíle práce	11
3	Literární rešerše	12
3.1	Lesní ekosystém a funkce lesa	12
3.1.1	Lesní ekosystém.....	12
3.1.2	Funkce lesa	14
3.2	Obnova lesa.....	15
3.2.1	Druhy obnovy lesa	15
3.2.2	Založení nového porostu.....	16
3.2.3	Porovnání výhod sadebních materiálů	18
3.3	Charakteristika javoru klenu	18
3.4	Typologický systém	20
3.5	Půdní voda.....	21
3.6	Půdní hydrolimity.....	23
3.6.1	Reakce dřevin na vysychání půdy	25
3.7	Hydrofilní polymery.....	25
3.7.1	Dělení a vlastnosti hydrofilních polymerů.....	26
3.7.2	Proces gelace.....	26
3.7.3	Možnosti využití a aplikace hydrofilních polymerů	27
3.8	Způsoby měření a možné chyby při vyhodnocení	28
4	Metodika práce	30
4.1	Laboratorní činnost	30
4.2	Terénní práce.....	34
4.2.1	Charakteristika výzkumné plochy	34
4.2.2	Výsadba	35

4.2.3	Použití a aplikace hydrogelu.....	37
4.2.4	Měření sazenic	38
5	Výsledky	39
5.1	Výsledky laboratorní činnosti	39
5.2	Výsledky terénní práce.....	41
6	Diskuse.....	46
7	Závěr	48
8	Literatura.....	49
9	Přílohy.....	54

1 Úvod

V České republice došlo k masivnímu rozpadu lesů, což bylo a je mimo jiné způsobeno změnou klimatu, která nám přináší větší sucho. I když na zemský povrch dopadne dostatečné množství srážek, které by dalo lesu určitou vláhu, většina vody z holin odteče. Část, která se vsákne, se později odpaří vlivem celodenního slunečního svitu na holinu. Stromy poškozené suchem jsou náchylnější k sekundárnímu napadení biotickými škůdci, například podkorním hmyzem.

Les plní mnoho mimoprodukčních funkcí, které jsou pro společnost velmi významné a je třeba je zachovat. Z toho důvodu je nutné nově vzniklé holiny obnovovat. Rozpad lesů byl tak rychlý, že vzniklé holiny se nestihly přirozeně obnovit, a proto je třeba jim s jejich obnovou pomoci výsadbou. V České republice převažuje umělá obnova lesa nad přirozenou. Za rok 2021 činila umělá obnova lesa 40 679 ha a přirozená obnova 9 111 ha. Ve srovnání s rokem 2020 jsou obě obnovy výrazně vyšší.

Každým rokem se více ukazuje, že lidský faktor je velmi důležitý článek při obnově lesa, i když se výrazně zvyšuje i přirozená obnova lesa.

Při umělé obnově lesa je nutné klást vysoký důraz na správnou manipulaci se sadebním materiálem. Sazenice při výsadbě zažívají stres z přesazení, což může zvýšit jejich úmrtnost. V suchém období lze zlepšit hydrologický režim pro ujímavost sazenic použitím hydrofilních polymerů, které zadržují vodu v okolí kořenů sazenice.

V této diplomové práci se zaměřuji na vliv půdních kondicionérů (hydrofilních polymerů) na ujímavost a míru stresu při výsadbě javoru klenu (*Acer pseudoplatanus*), jako perspektivní dřeviny pro obnovu velkých holin.

2 Cíle práce

Cílem práce je posoudit vliv půdního kondicionéru – hydrofilního polymeru na ujímavost výsadby javoru klenu (*Acer pseudoplatanus*) ve specifických podmínkách obnovy holiny po kůrovcové těžbě.

Dílčím cílem je vyhodnotit míru stresu jedinců pomocí měření fotosyntetické aktivity.

Dalším cílem je navrhnout opatření ve smyslu využití kondicionéru, která mohou pomoci při zvýšení ujímavosti a snížení stresu při obnově lesa.

3 Literární rešerše

V kapitole Literární rešerše bude zpracována podrobná literární rešerše zabývající se lesním ekosystémem, funkcí lesa, obnovou lesa a s tím spojenou mechanickou přípravou půdy. Dále zde budou popsány vlastnosti, využití a aplikace hydrofilních polymerů. Závěrečná část hlavní kapitoly se bude zabývat půdní vodou a charakteristikou pozorované dřeviny – javora klenu.

3.1 Lesní ekosystém a funkce lesa

Úvodem literární rešerše je kapitola, která charakterizuje lesní prostředí a cykly, které se v lesním prostředí odehrávají za přítomnosti člověka nebo i bez ní.

3.1.1 Lesní ekosystém

Ekosystém, který zahrnuje veškeré živé i neživé složky přírody v určitém omezeném prostoru, na všechny strany však otevřeném prostoru, který se liší od svého dalšího okolí, a je schopen jisté autoregulace. Tento ekosystém je složen z producentů, konzumentů a také destruentů. Mezi producenty patří zelené rostliny, především stromy, na které jsou s výživou odkázáni další živočichové, které společně s nezelenými rostlinami řadíme mezi konzumenty. K destruentům náleží živočichové a rostliny živící se mrtvou organickou hmotou. Dále se ekosystém skládá z půdy a veškerého prostředí, které ho obklopuje (Mitscherlich, 1975).

Cyklické změny jsou běžné pro přírodní lesy, tyto změny nazýváme vývojovými lesními cykly. Cykly dělíme na velký a malý vývojový cyklus lesa (Suchomel et al., 2015).

Velký vývojový cyklus lesa

Vychází z velkého rozpadu společenstva na velkých plochách, především po silném větru, požáru nebo přemnožením některého dřevokazného škůdce. Při velkoplošném rozpadu lesního ekosystému se výrazně mění mikroklimatické a fyzikální podmínky prostředí. Sukcese přichází po disturbanci a vede k obnově lesního ekosystému ve vyspělé společenstvo, které nazýváme klimax (Suchomel et al., 2015).

Velký vývojový cyklus (Obrázek 1) je tvořen třemi stádii, které jsou pojmenovány:

1. **Stádium přípravného lesa** – v tomto stádiu narůstají přípravné či pionýrské dřeviny, které se vyznačují rychlým růstem, častou a velkou úrodou semen, nižší konkurenční schopností a kratším věkem (Suchomel et al., 2015).

2. **Stádium přechodného lesa** – jedná se o stádium, ve kterém se začínají s přípravnými dřevinami vyskytovat i klimaxové dřeviny. Jsou zde vhodné podmínky pro obnovu především jedle, buku a smrku. Tyto dřeviny mají z počátku pomalejší růst, snášejí dobře velké zastínění, a naopak jim nevyhovují prudké změny mikroklimatu. Obnovou a odrůstáním těchto jedinců pod lesem přípravným vzniká zpravidla dvojetážový les, tedy stádium přechodného lesa (Suchomel et al., 2015).

3. **Stádium lesa závěrečného** – v tomto stádiu klimaxové dřeviny nahradí pionýrské dřeviny, vzniká klimaxový les. Ten je zpravidla nejvhodnější na daných podmínkách z hlediska maximálního přírůstu biomasy i nejstabilnějšího ekosystému (Suchomel et al., 2015).

Malý vývojový cyklus

Probíhá pouze ve stádiu klimaxového lesa a nadále se obnovuje jeho struktura, díky střídání generací dřevin na dané lokalitě. Trvání jednotlivých vývojových stádií závisí na době růstu lesních dřevin a na lokalitě, kde se dřeviny nacházejí (Suchomel et al., 2015).

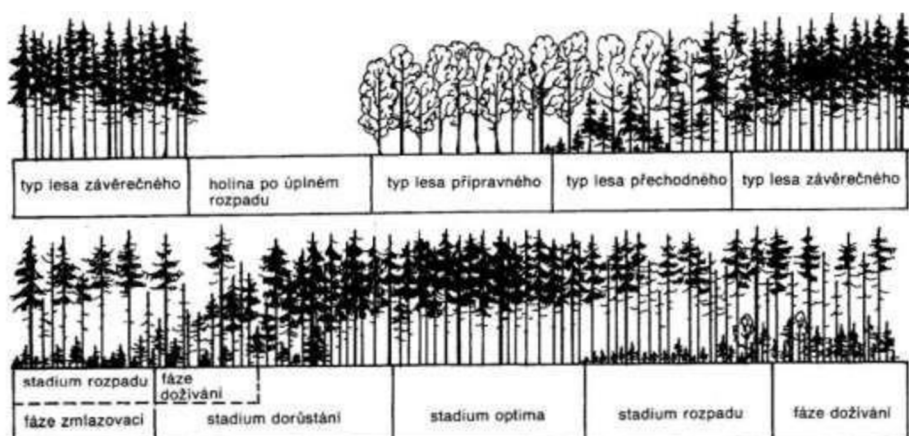
Malý vývojový cyklus odpovídá vývojovému stavu jednotlivých částí, typu a vývojových procesů. Výsledkem je předcházející dynamika a dokazuje historii vývoje lesa včetně antropických vlivů. Tento vývojový cyklus je stabilní, když je maloplošný, čím je vývoj pozvolnější a stabilnější, tím se zvětšuje druhová pestrost a větší terénní členitost. Znaky monokultury indikují náhlejší změny a méně stabilní les. Platí, že plošný podíl jednotlivého stádia (fáze) odpovídá i časovému podílu na trvání celého cyklu (Suchomel et al., 2015).

Malý cyklus (Obrázek 1) je tvořen třemi stádii, které jsou pojmenovány:

1. **Stádium optima** – stav, kdy se jednotlivé dřeviny dožívají delšího života, než je doba jejich růstu. Vzniká výškově vyrovnaný porost, kde jsou větší věkové rozdíly a větší

tloušťková diferenciaci. Porost je v tomto stádiu tvořen stromy o velkých rozměrech s malým počtem jedinců na ploše lesa. Na konci stádia odumírají přestárlí jedinci, nastává obnova (Suchomel et al., 2015).

2. **Stádium rozpadu** – stav, kdy dochází k rozpadu staré generace jedinců a tu nahradí generace nová. Odumírání generace staré a vznikání generace nové probíhá na celé ploše nerovnoměrně. Na této ploše se nachází velké množství mrtvého dřeva. Vznikají zde vhodné podmínky pro přirozenou obnovu nového lesa (Suchomel et al., 2015).
3. **Stádium dorůstání** – stav, kde se nachází jen malé zbytky původního porostu, které se rychle rozpadají a podíl nově vzniklého porostu se rychle zvyšuje. Spodní a střední etáž je výškově, tloušťkově a plošně rozrůzněná a zásoba dřeva rychle stoupá (Suchomel et al., 2015).



Obrázek 1: "Velký" vývojový cyklus přírodních smrčín v boreální tajze (horní polovina obr.) a "malý" vývojový cyklus (spodní polovina obr.) v horských smrčínách (Jeník, 1995).

3.1.2 Funkce lesa

Dle lesního zákona 289/1995 Sb. *Účelem tohoto zákona je stanovit předpoklady pro zachování lesa, péči o les a obnovu lesa jako národního bohatství, tvořícího nenahraditelnou složku životního prostředí, pro plnění všech jeho funkcí a pro podporu trvale udržitelného hospodaření v něm.*

Lesy jsou jedno z největších bohatství naší vlasti. Poskytují trvalý zdroj dřeva a jsou významnou složkou životního prostředí. Ovlivňují podnebí, vodní a půdní poměry, vytváří přirozené prostředí pro mnohé druhy rostlin a živočichů, uchovávají přírodní krásy a jsou zdrojem zdraví a osvěžení obyvatelstva. S rozvojem technické civilizace roste zájem i o ostatní užitečné funkce lesa. Společnost v některých oblastech dává

přednost vodohospodářské, klimatické, půdoochranné a rekreační funkci lesa před produkcí dřeva (Bezecný et al., 1992).

3.2 Obnova lesa

Obnovou lesa se zabývá lesní zákon 289/1995 Sb. konkrétně §31 Obnova a výchova lesních porostů. Dále vyhláška č. 298/2018 Sb. upravuje podrobnosti o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a rozpracovává základní doporučení pro hospodářské soubory.

3.2.1 Druhy obnovy lesa

Obnovu lesa dělíme na přirozenou, umělou a kombinovanou.

Přirozená obnova

Vzniká nalétnutím či opadem semen na holinu či pod samotný mateřský porost. Pro vyklíčení semen je nutné, aby byly zajištěny vhodné podmínky – vlhko, teplo a přístup vzduchu. Samotné semenáčky pak musí mít také vhodné podmínky pro vlastní růst – vláhu, světlo a nízkou konkurenci buřeně. Tyto podmínky jsme schopni ovlivnit vhodnými hospodářskými způsoby (Bušina a Hrdina, 2016).

Podrovní hospodářský způsob je nejvhodnějším způsobem pro přirozenou obnovu. Používá se zde jedna ze dvou forem clonné seče. Přirozená obnova je možná i při holosečném hospodářském způsobu, a to formou ponechání výstavků nebo z okraje sousedního porostu. Vhodné jsou menší holiny, kde jsou příznivější mikroklimatické podmínky. Příprava půdy je důležitým předpokladem pro vyklíčení semen a pro další růst semenáčků. Biologická příprava půdy, která se provádí cílevědomou těžbou dřeva, slouží k upravení zápoje a reguluje rychlost rozpadu hrabanky, tvorbu humusu a růst vhodné vegetace. Přežití a vyklíčení semen na povrchu hrabanky, humusu či půdy lze ovlivnit biologickou a mechanickou přípravou půdy. Klimatické podmínky, příznivý stav porostního mikroklimatu a příznivý průběh povětrnosti od opadu semen až po vzejití semenáčků a jejich přežití nemůže lesník výrazně ovlivnit. Posledním předpokladem pro přirozenou obnovu je výskyt semenného roku, jehož lesník může ovlivnit vytvořením vhodného zápoje, kde péčí o zdárný vývoj koruny stromu podpoří nejvhodnější jedince tím, že odstraní méně kvalitní jedince. Přirozená obnova snižuje náklady na obnovu lesa za předpokladu, že obnovený porost bude ekologicky stabilní a vysoce produktivní. Porosty k přirozené obnově musejí být zdravé a vitální, být dobré kvality a vysoké

hodnoty, mít dobrý vzrůst a objemovou produkci odpovídající stanovišti a být klasifikovány fenotypovou třídou A, B nebo C (Vacek, 2018).

Umělá obnova

Při této obnově je za správného provedení záruka kvality nového porostu, neboť sadební materiál byl vypěstován z reprodukčního materiálu s vysokou kvalitou. Dřeviny jsou rovnoměrně rozmístěny po ploše a cílová dřevinná skladba se zabezpečí snadněji. Umělá obnova není vázána na semenný rok a jsou zde nižší náklady na výchovu, naopak rostou náklady na zalesnění. Důsledkem nesprávného zalesnění vznikají velké ztráty na sadebním materiálu (Mauer, 2009).

U umělé obnovy převažuje sadba nad sítí. Sítí má nejistý výsledek, závisí na půdní vlhkosti, stavu zahuštění, světle a mnoha dalších okolnostech. Sítí se provádí tedy pouze výjimečně, neboť úsilí vynaložené s tímto druhem obnovy umělé neodpovídá výsledkům (Bezecný et al., 1992).

Kombinovaná obnova

Jedná se o kombinaci přirozené a umělé obnovy na jedné ploše. Aby došlo ke splnění obnovního cíle, je možné dosadit sazenice, které se zde nevyskytují z přirozené obnovy lesa. Kombinovaná obnova se běžně využívá, ovšem umělá obnova stále převažuje (Vacek, 2018).

3.2.2 Založení nového porostu

K založení nového porostu je vhodné připravit plochu k zalesnění, což znamená zajistit vhodné podmínky pro výsadbu sazenic. Na ploše se provádí odstranění těžebních zbytků a nežádoucích dřevin (Kovář, Hrdina, Bušina, 2013).

V lesích jsou různé druhy stanovišť, které se liší úrodností půdy, hloubkou, vlhkostí, sklonem, nadmořskou výškou, reliéfem terénu, srážkami, teplotou, prouděním vzduchu a zahuštěním. Na stanovištních podmínkách závisí volba dřeviny, hustota výsadby a technika zalesnění. Z typologického průzkumu vychází rámcové zásady hospodaření dle hospodářských souborů (Bezecný et al., 1992).

Norma ČSN 482115 – Sadební materiál lesních dřevin Sazenice určené pro výsadbu musí splňovat dané parametry, které upřesňuje tato norma. Rozměry sadebního materiálu jsou uvedeny i v příloze č. 2 vyhlášky MZe č. 29/2004 Sb.

K výsadbě lze použít semenáčky, sazenice prostokořenné či obalované, odrostky a poloodrostky. Na fyziologickou kvalitu sadebního materiálu má také významný vliv

správná manipulace. Osychání kořenového vlášení je nejčastěji hlavní důvod nesprávné péče o sadební materiál a vede ke ztrátě vody v sazenici. Morfologická kvalita je soubor všech měřitelných a vizuální znaků sazenic definovaných normou ČSN 482115 (Bezecný et al., 1992).

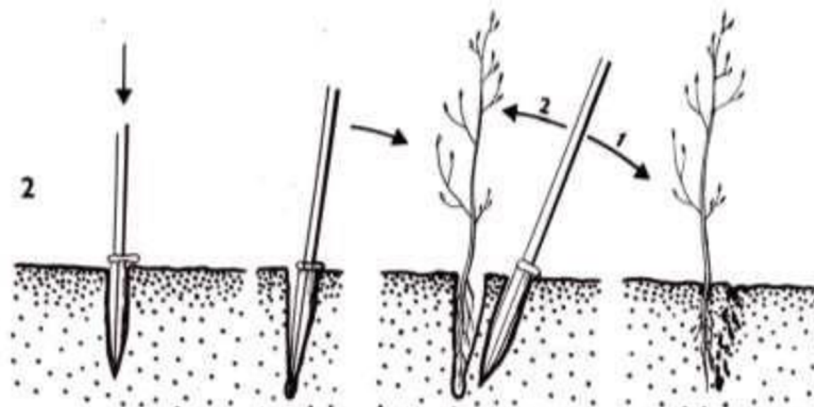
Vyhláška 139/2004 Sb. stanovuje minimální počty sazenic na hektar. Správně zvolený spon a hustota sazenic nám může výrazně usnadnit další práci, zkvalitnit produkci a omezit náklady na péči o kulturu. Existují dva druhy sponu: pravidelný a nepravidelný. Pravidelný spon dělíme podle způsobu rozmístění sazenic po ploše na obdélníkový, trojúhelníkový a čtvercový spon. Nepravidelný spon lépe využívá mikroklimatické podmínky, ale není v lesnictví moc využíván. Způsob výsadby sazenic je závislý na druhu dřeviny, typu sadebního materiálu, vospělosti sazenic, tvaru a velikosti kořenového systému a stanovištních podmínkách. Nejběžnější způsoby výsadby prostokořenných sazenic jsou jamková a štěrbinová sadba. Zřídka se využívá mechanizovaná sadba, realizovaná pomocí zalesňovacího stroje RZS (Bušina, Hrdina, 2016).

Při zakládání výzkumné plochy byla použita štěrbinová sadba.

Štěrbínová sadba

Sadba, který se využívá k výsadbě sazenic s křlovým kořenovým systémem a na lehkých půdách. Jedná se o druhý nejrozšířenější způsob výsadby. Nelze aplikovat u dřevin s bohatě rozvětveným kořenovým systémem, mohlo by dojít k deformaci kořenů. Zatláčením sazaku do země a vychýlením směrem k sobě vytvoříme štěrbinu (Obrázek 2). Do štěrbinu vložíme sazenici a urovnáme kořinky. Sazák v šikmém směru píchne cca 10 cm od sazenice, pohybem

směrem k sobě a od sebe štěrbinu uzavřeme (Bezecný et al., 1992)



Obrázek 2: Schéma štěrbinové sadby (Bezecný et al., 1992).

3.2.3 Porovnání výhod sadebních materiálů

Prostokořenný sadební materiál má menší nároky na pěstování a cena sazenic je nižší. K zachování fyziologické jakosti se používají antitranspiranty, což jsou látky, které omezují transpiraci, a antidesikanty, látky, které omezují vysychání kořenů. Nevýhodou je časté poškození kořenů při vyzvedávání sazenic, následně po výsadbě probíhá šok způsobený přesazením a sazenice musí obnovovat fyziologickou funkci kořenů. Jarní výsadbu je nutné ukončit před začátkem rašení pupenů (Polívka, Soprová, Zítová, 2017).

Obalované sazenice se využívají při zalesňování těžko zalesnitelných, degradovaných ploch a z důvodu prodloužení zalesňovacího období (Duda, 2004).

Krytokořenný sadební materiál má chráněné kořeny během manipulace, tím pádem sazenice prožívají oproti sazenicím prostokořenným a obalovaným šok minimální a po přesazení rostou rychleji. Při použití správného obalu a techniky výsadby se snižuje riziko deformace kořenového systému a dle vyhlášky 139/2004 Sb. lze snížit minimální množství sazenic na hektar až o 20 %. Nevýhodou je u těchto sazenic vyšší cena na pěstování a špatná manipulace se sadebním materiálem – v nevhodném obalu může způsobit poškození kořenového systému (Polívka, Soprová, Zítová, 2017).

3.3 Charakteristika javoru klenu

Na území České republiky se vyskytují tři domácí druhy javoru, které dohromady zaujímají 0,8 % rozlohy porostů, největší podíl zastupuje javor klen (*Acer pseudoplatanus*). Je významnou meliorační a zpevňující dřevinou. Javor klen je citlivý k velkým výkyvům teplot, hlavně v dlouhotrvajícím mrazivém období, proto přirozeně roste v příměsí s bukem a smrkem. V mládí je náchylný na podzimní mráz a zimní mrazy mu mohou způsobovat mrazové trhliny na kmeni. Vůči plynnému znečištění je relativně odolný. Javor klen je řadí mezi polostinné dřeviny, snášející v mládí slabší zastínění, s rostoucím věkem je jeho požadavky na světlo zvyšují (Uhlířová, Kapitola a kol., 2004).

Javor klen se řadí mezi cenné druhy evropských lesů. Je zajímavý z ekonomického i ekologického hlediska. Jeho dobré vlastnosti a velké využití javorového dřeva udávají i vysoké ceny na trhu se dřevem. V mládí patří mezi jedny z nejrychleji rostoucích listnatých dřevin, pokud se pěstuje na vhodných stanovištích.

Svým rychlým růstem a vysokou výkupní cenou dřeva se stává ekonomicky atraktivní dřevinou (Hein, Collet, Ammer a kol., 2009).

Má velké nároky na půdní i vzdušnou vlhkost. Nesnáší stagnující vodu a nepřežije záplavy. Nejčastěji roste na hlubokých, humusem obohacených půdách s vysokým obsahem skeletu, jako jsou hluboká údolí, severní svahy a náplavy říček. Jeho výskyt je po celé Evropě. Přirozeně se vyskytoval jen ve vyšších polohách střední Evropy. V České republice roste na celém území, především ve středních polohách, s výskytem i v horských polohách. Velké zastoupení klenů v porostech je dnes vzácné, především se jedná o zbytky pralesů a chráněných lesů (Divíšek, Culek, Jiroušek, 2010).

Po sběru osiva je nutné ho kvalitně uskladnit, aby si osivo zachovalo svoji jakost a přečkalo dobu, kdy bude následně vyseto. Uskladnění dělíme na dlouhodobé, krátkodobé a dále ještě dle obsahu vody v semeni, zpravidla do 20 % a nad 20 %. Semena javoru klenů obsahují vyšší množství vody. Pro krátkodobé uskladnění se využívají stírky (jámy). Zde se na dno rozprostře 60 centimetrů písku, následně se zde rozprostřou semena s pískem a vše se opět přesype pískem. V poslední řadě ještě musíme zajistit, aby prostor byl dobře větratelný a nedocházelo k plesnivění semen. Dlouhodobě se semena skladují v klimatizovaných skladech. Zde se za působení nízké teploty omezí a zpomalí životní proces a tím udržíme fyziologickou kvalitu a klíčivost semen. Zde se semena s vyšším obsahem vody uchovávají ve zmraženém stavu zabalená v polyetylenových pytlích (Bušina, Hrdina, 2016).

Vitalita semen je nejvyšší po jejich dozrání. Stárnutí se projevuje barevnými změnami. Špatné skladování semen může vést ke snížení jejich klíčivosti. Poslední fází zrání semene je proces nazývaný dormance neboli klíčící klid. K překonání dormance se využívá proces zvaný stratifikace. Stratifikace spočívá ve vytvoření vhodných podmínek (teplota, vlhkost) pro překonání dormance semen. Tyto faktory jsou pro každý druh dřeviny specifické. Javor klen se stratifikuje ve vlhkém médiu (např. písek) při teplotě 1-5 °C po dobu 56-84 dnů (Stejskalová, Kupka, Nováková, 2014).

Kvalita semen je ovlivněna původem rodičovských stromů a čím lepší rodičovský strom, tím lepší sadební materiál (Procházková, Bezděčková, 2007).

Výsev semen provádíme nejčastěji na jaře do předem připravené a nakypřené půdy. Semena musí být dostatečně hluboko a rovnoměrně rozprostřená po ploše. Pro lepší

udržení teplotních a vlhkostních poměrů pro klíčení je na povrch půdy rozprostřena zásyпка. Cílem je vypěstovat vyspělé sazenice s dobře vyvinutým kořenovým systémem. K tomu slouží podřezávání nebo školkování sazenic. Podřezávání semenáčků používáme u sazenic s kůlovým kořenovým systémem. U zbylých sazenic se provádí školkování, případně se tyto metody kombinují. Avšak pro školkování musí semenáčky dosáhnout určité velikosti. Dospělé sazenice, které splňují požadavky pro výsadbu v lese, jsou vyzvednuty ve stádiu fyziologického klidu. Při této činnosti nesmí dojít k oschnutí kořenového vlášení (Vacek, Vacek, Bílek, a kol., 2021).

3.4 Typologický systém

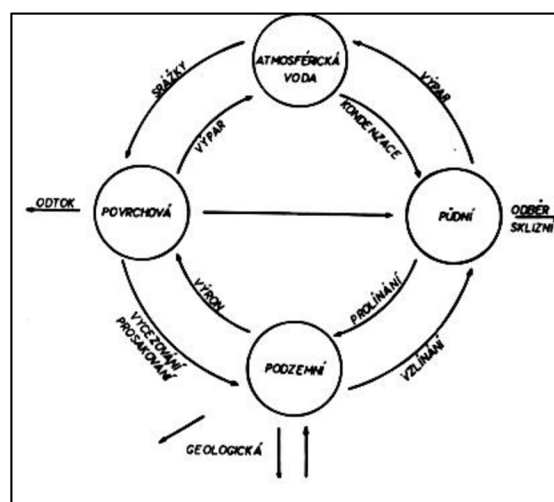
Tento systém vznikl v devadesátých letech minulého století. Obsahuje nižší taxonomické jednotky, tudíž se více podobá daným přírodním podmínkám. Základní jednotkou tohoto systému je lesní typ (3K1 – kyselá chudá dubová bučina mechová). Charakterizuje různé druhy fytocenózy, půdní podmínky, převládající bonitu dřevin a převážný výskyt v lese. Vyšší typologickou jednotkou je soubor lesních typů (3K – kyselá chudá dubová bučina), který shromažďuje lesní typy podle ekologické podobnosti vyjádřené významnými hospodářskými vlastnostmi stanoviště jako jsou půdní podmínky a lesní vegetační stupně. Lesní vegetační stupně tvoří vertikální členění mezi klimatem a biocenózou. Celkem jich v ČR máme devět. V horizontálním členění typologického systému jsou růstové podmínky děleny podle vlastností půd. Ty jsou rozdělené do dvou základních skupin: neovlivněné vodou a ovlivněné vodou. Do kategorie neovlivněné vodou patří řady kyselá, živná a obohacená humusem – neboli tzv. javorová řada a řada extrémní, kde jsou určité extrémní přírodní podmínky. Půdy ovlivněné vodou rozdělujeme podle jejího množství a jejích vlastností. Jsou to řady obohacená vodou, oglejená, podmáčená a rašelinná. Každá řada má svoje kategorie, které jsou označeny příslušným písmenem (Plíva, 1987).

Javor klen se dle typologického systému začíná jednotlivě vyskytovat už ve 3. lesním vegetačním stupni (LVS). Ve 4. LVS se javor klen vyskytuje jako úroveňová dřevina. Značnou příměs horní etáže tvoří javor klen, až v 5. LVS, kde na suťových půdách výrazně zvyšuje své zastoupení (Holuša, Štěrba, Holušová, 2014).

3.5 Půdní voda

Množství vody v půdě je jeden ze zásadních parametrů, který ovlivňuje růst rostlin. Vodu v půdě je možné si představit také jako látku, ve které se rozpouští minerály, které se následně stanou lépe dostupnými pro kořeny rostlin. Hlavním zdrojem půdní vody jsou hlavně přirozené srážky a výška hladiny podzemní vody. Jednou z nejdůležitějších vlastností půdy je zadržovat vodu, což závisí na struktuře a textuře půdy (Urbancová a Lacková, 2015).

Tvrzení, že voda je jakýmsi pojátkem mezi rostlinou a půdou, je možné vidět na diagramu koloběhu vody v půdě (Obrázek 4).



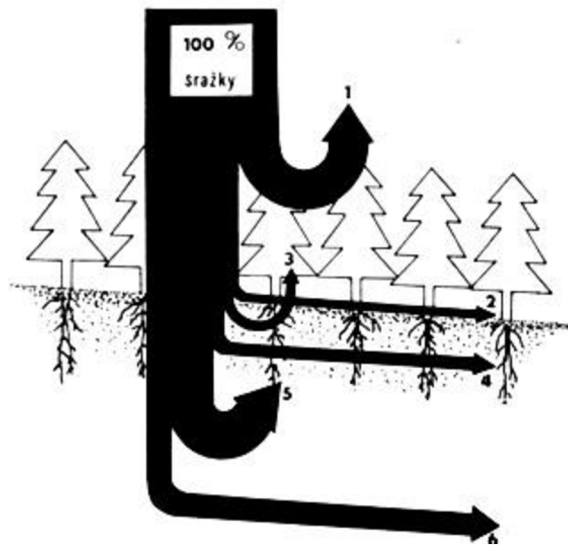
Obrázek 4: Diagram koloběhu vody v půdě (Pelíšek, 1957).

Jako půdní vodu označujeme vodu, která je obsažena v půdě v kapalném, plynném i pevném skupenství. Lze použít i termín půdní vláha. Z hlediska lesnického považujeme vodu za hlavní produkční faktor, neboť voda je významná pro výživu i pro růst a celkový vývoj porostů. Půdní voda je nenahraditelný zdroj pro průběh fyzikálních, fyzikálně-chemických, biochemických i biologických procesů v půdě a podmiňuje existenci rostlin a půdních organismů (Vavříček a Kučera, 2015).

V mírném podnebném pásu jsou považovány za nejvýznamnější zdroj vody srážky. Největší část srážek připadá na vegetační období. Ke ztrátám vody z půdy dochází hlavně vsakem, povrchovým odtokem a evapotranspirací. Na území s prudkými svahy může odtéct až 80 % celkové srážkové vody, tento odtok je často regulován lesními porosty, které jsou při odtoku vody velmi významné. Ve srážkově vydatnějším období je

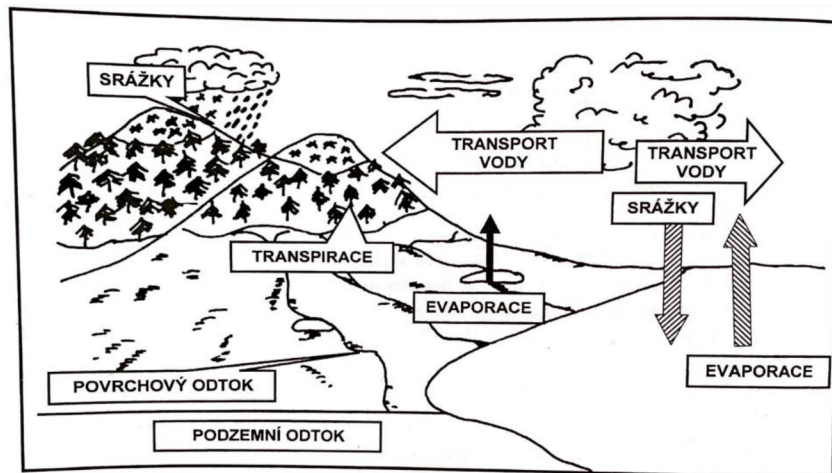
odtok v porovnání s nelesní půdou nižší a v období sucha je naopak odtok v porovnání opět s nelesní půdou vyšší (Vavříček a Kučera, 2015).

Voda ze srážek se při průchodu lesním porostem z části vypařuje, odtéká po povrchu, ale také se vsakuje do půdy (Obrázek 5).



Obrázek 5: Schéma vodní bilance lesního porostu (Podědinskij a Krečmer, 1984). 1 – intercepce srážek v korunách (30 % srážek), 2 – povrchový odtok (5 %), 3 – fyzikální výpar z povrchu půdy a transpirace přízemního rostlinstva (10 %), 4 – odtok půdou a podpovrchový odtok (10 %), 5 – odsávání vody z půdy na transpiraci dřevinami (30 %), 6 – průsak do spodin a odtok podzemními vodami, spodní odtok (15 %).

Ze schématu globálního oběhu vody na Zemi (Obrázek 6) lze vyvodit, že se jedná o složitý systém, který je složen z mnoha dalších subsystemů. Při detailnějším studiu je možnost dojít k závěru, že se významně liší poměry nad oceány a soušemi. Do oceánu se zpětně vrací méně vody ve formě srážek ve srovnání s množstvím, které se vypařilo, a naopak na pevninu připadne více vody ve srážkách, pokud to srovnáme s množstvím vody zde vypařené (Klabzuba a Kožnarová, 2004).



Obrázek 6: Základní schéma globálního oběhu vody na Zemi (Klabzuba a Kožnarová, 2004).

3.6 Půdní hydrolimity

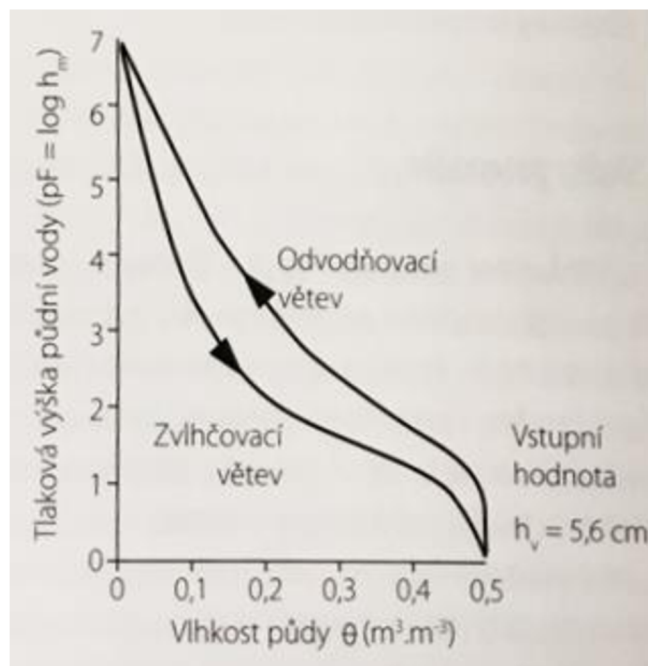
V přírodě se vlhkost půdy pohybuje v rozpětí od suché po velmi vlhkou půdu. Vlhkost půdy se stále mění v závislosti například na srážkách, infiltraci, evapotranspiraci atd. Hydrolimity se pak nazývají konkrétní vlhkostní stavy, díky kterým lze vyjádřit pohyblivost a přístupnost vody pro rostliny (Šarapatka, 2014).

Množství vody v půdě určuje celková suma zdrojů vody a její ztráty. Vododrživost je veličina, která určuje množství vody, jenž se v objemové jednotce půdy může zadržet. U půdy je velice významná, např. hlinitá půda o mocnosti 1 mm zadrží na ploše 1 ha až - 3,5 milionů litrů vody (300–500 mm vodního sloupce – srážek) z čehož je 2,5 mil. litrů přístupných pro rostliny. Vododržnost se navyšujícím množstvím skeletu snižuje. Při zvyšující se vododržnosti se také zvyšují půdní hydrolimity. Ty charakterizují kvalitativní a kvantitativní změny ve vztahu půdy s vodou, tzn jak silně je voda v půdě zadržovaná při dané vlhkosti půdy. Tyto hydrolimity vyjadřují vztah vody a půdy podle pohyblivosti vody v půdě a podle její dostupnosti pro rostliny (Vavříček a Kučera, 2015).

Vylišené hydrolimity dle Vavříčka a Kučery, 2015:

1. *Krystalická voda*
2. *Adsorpční voda*
3. *Hygroskopická voda*
4. *Obalová voda*
5. *Bod vadnutí*
6. *Lentokapilární bod*

7. Bod snížené dostupnosti
8. Retenční vodní kapacita
9. Maximální kapilární kapacita
10. Polní vodní kapacita
11. Plná vodní kapacita



Obrázek 7: Retenční čára (Rehák a Janský, 2000).

Nejsilněji je v půdě vázána krystalická neboli molekulární voda. Jedná se o vodu obsaženou v krystalické struktuře minerálu, například limonitu, sádrovci či opálu. Tato voda je však pro rostliny nedostupná (Vavříček a Kučera, 2015).

Adsorpční voda neboli adsorpční vodní kapacita vyjadřuje maximální množství vody, kterou v půdě poutají adsorpční síly pomocí fyzikálních procesů a bez chemických procesů. Hygroskopická voda označuje vlhkost půdy při 96–98% nasycení vzduchu vodními parami. Bod vadnutí je vlhkost půdy, kdy rostlinám chybí voda a při zvýšení vlhkosti půdy se již růst neobnoví (Šarapatka, 2014). Rostliny při bodu vadnutí nejsou schopny překonat síly, kterými je voda v půdě vázána (Vavříček a Kučera, 2015). Bod vadnutí v praxi začíná při $pF = 4,18$, tato hodnota se stanovuje z retenční čáry (Obrázek 7) (Šarapatka, 2014). Při hodnotách $pF = 3-3,3$ nastává lentokapilární bod. Jedná se o stav, kdy v půdě přibývá vlhkosti, která je poté na rozmezí mezi lehce a těžce pohyblivou kapilární vodou. Voda zůstává pouze na styku půdních částic v kapilárních

a nejjemnějších pórech. Pokud vlhkost půdy klesne pod hodnotu lentokapilárního bodu, rostliny vodu již velmi obtížně využijí. Lentokapilární bod tedy vyznačuje obsah vody, která začíná být pro většinu rostlin obtížně dostupná (Vavříček a Kučera, 2015).

Bod snížené dostupnosti značí vlhkost půdy, při které dojde k omezení pohybu půdní vody a k omezení příjmu kořeny rostlin. Pokud vlhkost pod tímto hydrolimitem trvá delší dobu, omezují se fyziologické funkce rostlin. Jeho hodnota se rovná hodnotám lentokapilárního bodu. Retenční vodní kapacita vyjadřuje maximální množství vody, které je půda schopna zadržet po delší dobu (Šarapatka, 2014).

Maximální kapilární kapacita vyjadřuje objem kapilární vody, kterou jsou do svého maxima nasyceny kapilární a částečně i semikapilární póry půdy, bez vody však zůstávají hrubé póry. Sací síly jsou zde v rozmezí pF 1,6-20 (Vavříček a Kučera, 2015).

Polní vodní kapacita se stanovuje v polních podmínkách a jedná se o stav vlhkosti půdy po nadměrném zavlažení, kdy nemají vliv srážky, výpar a podzemní vody. Voda při tomto hydrolimitu je v půdě držena pouze ve velmi omezeném pohyblivém stavu a vlhkost se po několika dnech výrazně nezmění. Hodnoty polní vodní kapacity jsou v intervalu $pF = 2-2,7$. *Plná vodní kapacita vyjadřuje plné nasycení půdy vodou, tedy vlhkost půdy při úplném zaplnění všech pórů a dutin vodou* (Šarapatka, 2014).

Z rozdílu hydrolimitů polní vodní kapacita a bod vadnutí lze vypočítat využitelnou vodní kapacitu, která udává maximální množství vody využitelné rostlinami (Šarapatka, 2014).

3.6.1 Reakce dřevin na vysychání půdy

Stres z nedostatku vody většinou vzniká, když je transpirace větší než množství přijímané vody. Za nedostatek půdní vody je považována dohodnutá hodnota 1,5 MPa. Z této půdy již není většina rostlin schopna přijímat vodu, dochází k odumírání kořenových buněk, a proto nastává bod trvalého vadnutí. Stres vede ke snížení turgoru buněk, což se na venek projevuje vadnutím. Dále zde má i vliv vodivost půdy. Pokud není dostatečná, je i tok vody do rostliny nedostatečný (Tomášková a Kubásek, 2016).

3.7 Hydrofilní polymery

Hydrofilní polymery (hydrogely) jsou definovány jako trojrozměrné zesítěné polymerní sítě, které mají schopnost přijímat velké množství vody nebo biologických tekutin (Xaoping, 2016 a Mahinroosta, 2018).

V průběhu let byl hydrogel definován mnoha různými způsoby. Jedna definice říká, že hydrogel je vodou nabobtnalá a zesítěná polymerní síť vyrobená jednoduchou reakcí jednoho nebo více monomerů. Další definice zabývající se hydrofilními polymery

pojednává o tom, že je to polymerní materiál, který vykazuje schopnost bobtnat a zadržovat ve své struktuře významnou část vody, ale ve vodě se nerozpustí (Ahmed, 2013).

Polymerní sítě vznikají tehdy, když vznikne dostatečné množství tzv. intermolekulárních spojů. Intermolekulární spojení má chemický nebo fyzikální charakter. Sítě vzniklé chemickou cestou jsou nazývány pojmem kovalentně síťované gely. Bez vzniku chemických vazeb, kdy sítě vznikají pomocí mezimolekulové interakce, se jedná o fyzikálně síťované gely (Kameníček, 2018).

Hydrogely jsou přípravky absorbující vodu a živiny, které následně postupně uvolňují. V optimálním množství pomáhají rostlinám snižovat ztráty vody a živin. V půdě působí několik let a jejich schopnost vstřebávat a uvolňovat vodu je uchována i po jejich vyschnutí a následném zvlhčení (Salaš et al., 2011).

3.7.1 Dělení a vlastnosti hydrofilních polymerů

Hydrogely můžeme rozdělit na hydrogely syntetické a hydrogely, které jsou vyrobené kombinací prášku, mikročástic, nanočástic, povlaků a pevných látek. Dále existují hydrogely přírodní, tedy kolagen a celulóza. Není podmínkou, že hydrogely musí obsahovat hydrofilní část. Některé vlastnosti hydrogelů lze ovlivnit i přítomností hydrofobních částic (Trutnovský, 2019).

Mechanické a fyzikální vlastnosti gelu závisí na vzájemném působení polymeru s vodou. Většinu objemu materiálu tvoří voda. Díky struktuře mají hydrogely vlastnosti typické pro pevné látky. Tahovou zkouškou vykazují do určité míry napětí elastického chování, to je dáno typem vazeb a jejich pevností. Čím vyšší je množství vazeb, tím je nižší elasticita materiálu (Fiřová, 2017).

3.7.2 Proces gelace

Podle obsahu disperzního prostředí se rozdělují na xerogely a lyogely. Xerogely vznikají odstraněním rozpouštědla, naopak lyogely obsahují rozpouštědlo. Lyogely se dělí podle disperzního prostředí na hydrogely s vodním prostředím. Hydrogely s organickou kapalinou v disperzním prostředí se nazývají organogely. Schopnost dosáhnout původní formy lyogelu a xerogelu se dělí na reverzibilní a ireverzibilní. Pokud lze xerogel uvést do původního stavu nabobtnáním, jedná se o reverzibilní formu. Ireverzibilní gely původního lyogelu nedosáhnou, ale jsou schopny při styku s disperzním prostředím přijímat kapalnou fázi. Při pohlcování xerogelu nízkomolekulárního

rozpouštědla vzniká proces nazývaný bobtnání. Při tomto procesu gely nabývají na objemu a hmotnosti. K tomuto procesu může docházet pouze u reverzibilních gelů (Nováčková, 2013).

3.7.3 Možnosti využití a aplikace hydrofilních polymerů

Vodní stres můžeme snížit látkami, které zadržují vodu v půdě, tzv. hydroabsorbenty. Zlepšují fyzikální, biologické a chemické vlastnosti půdy, což zlepšuje dané podmínky pro rostlinu a snižuje stres (Salaš et al., 2011).

Tyto vlastnosti činí hydrogely nepostradatelné v mnoha oborech, jako je zdravotnictví, zemědělství a farmaceutický průmysl atd. Vyšší bobtnací kapacita hydrogelů je využívána v zemědělství a při výrobě hygienických prostředků jsou využívány hydrogely s vyšší bobtnací kapacitou. Jako nosiče aktivních látek např. pesticidů, bílkovin nebo barviv, se používají hydrogely s nižší bobtnací kapacitou. Hydrogely používané v různých oborech jsou speciálně navrženy tak, aby splňovaly požadavky a vlastnosti daného oboru (Holčápková, 2014).

Změny klimatu se projevují dlouhým obdobím vysokých teplot bez srážek. Toto je příčinou nedostatku půdní vody pro rostlinu a rostliny jsou stále častěji ve větším stresu. Proto se snažíme snižovat vodní stesy sazenic vysázených v suchém období. Používáme k tomu látky s obrovskou schopností vázat a postupně uvolňovat vodu (hydrogely). Hydrogel se aplikuje do jamky při výsadbě nebo máčením kořenů v hydrogelu (Obrázek 3). Používání hydrogelů má v lesnictví velký potenciál, především v přispění k lepším úspěchům umělé obnovy lesa (Repáč et al., 2017).



Obrázek 3: Máčení kořenů v hydrogelu (Repáč et al., 2017).

3.8 Způsoby měření a možné chyby při vyhodnocení

Při měření fyzikálních veličin za stejných podmínek a při opakovaném měření, naměříme převážně odlišné hodnoty. Odchylka naměřené hodnoty od správné se nazývá chyba měření. Chyba měření se vypočítává rozdílem správné hodnoty o odchylku, uvádíme-li takto chybu, tak nazýváme ji jako absolutní chybu. Jestliže vyjádříme podíl chyby absolutní se správnou hodnotou, jedná se o chybu relativní. Jde o bezrozměrnou veličinu, která je většinou udávána v procentech. To znamená, že čím menší bude absolutní chyba, tím bude měření přesnější. Měření dat by mělo probíhat s minimálními chybami. Při měření bychom měli použít co nejpřesnější měřicí přístroje, co nejvíce minimalizovat lidskou chybu, okolní vlivy a zvolit vhodnou metodu měření. Vzniklé chyby při měření lze rozdělit na systematické a nahodilé. Systematické chyby zkreslují výsledky pravidelně, což způsobuje, že naměřené hodnoty jsou buď vyšší, nebo nižší než je správná hodnota. Častou příčinou vzniku této chyby bývají použité měřicí přístroje, samotná metoda měření a samotný měřitel. Zde mohou vzniknout i hrubé chyby způsobené únavou nebo nedisciplinovaným měřením. Tyto naměřené hodnoty se z měření vylučují z důvodu ovlivnění výsledků nepřijatelným způsobem. Vyloučíme-li systematické chyby, nikdy neměříme stejné hodnoty. Vzniklé chyby mohou být např. způsobeny odlišným čtením hodnot na stupnici měřidla. Příčinu těchto chyb neznáme a nedovedeme ji odstranit. Tyto chyby označujeme jako nahodilé chyby, které se vyskytují naprosto nepravidelně. (Novák, 2023).

Pro statistické vyjádření výsledků byla použita analýza rozptylu (ANOVA). Používá se při situaci, kdy porovnáваме několik skupin, které byly podrobeny působením různých podmínek. Je to statistická metoda, která navzájem porovnává průměry pro všechny možné páry skupin. Pro vhodné použití této metody musí být splněny určité předpoklady. Všechna měření musí být samostatná uvnitř skupin i mezi skupinami. Data musí přibližně odpovídat normálnímu Gaussovu rozdělení a rozptyly ve všech skupinách musí být podobné. Základní funkce ANOVY je posouzení hlavních vzájemně působících účinků kategoriálních proměnných na závisle proměnnou. ANOVU dělíme na jednofaktorovou a více faktorovou. Jednofaktorovou ANOVOU zjišťujeme účinek jednoho faktoru na zkoumanou závisle proměnnou. Více faktorovou ANOVOU zkoumáme vliv dvou faktorů, které plánovaně měníme na závisle proměnnou (Bedáňová, Večerek, 2019).

Dále byl v této práci použit Duncanův test. Tento test se používá pouze v případě, že jednofaktorová ANOVA prokázala, že mezi srovnávanými skupinami jsou významné statistické rozdíly (Chrástka, Kočvarová, 2014).

Je označován jako post-hoc a má za úkol nám ukázat, mezi kterými skupinami je významný statistický rozdíl (Kuželka, Surový, 2018).

4 Metodika práce

V kapitole metodika práce bude nejprve popsána laboratorní činnost práce, kde byla ověřena funkčnost hydrogelů v rámci experimentu v komoře weise. Dále je v rámci terénní práce specifikována vybraná výzkumná plocha, postup výsadby, míchání a přidání hydrogelu. Na závěr metodiky práce je popsán způsob měření sazenic javoru klenu, a to měření úvodní i měření kontrolní.

4.1 Laboratorní činnost

Pomocí experimentu v laboratoři byla ověřena funkčnost hydrogelu v půdním profilu. Experiment sleduje vývoj vlhkosti půdy v půdě s hydrogelem. Difuze je děj, při kterém se částice samovolně rozptylují do prostředí. Při našem experimentu se jedná o přenos vlhkosti z půdního profilu do okolního prostředí. Celý tento děj je přímo úměrný parametrům prostředí – typu půdy, teplotě a vlhkosti vzduchu. Na druhu půdy závisí množství vody, kterou je půda schopna absorbovat. Maximální množství vody, které je půda schopna absorbovat, se nazývá plná polní kapacita (viz literární rešerše). Zdravotnímu stavu rostlin odpovídá množství vody v půdě. Pokud se vlhkost dostává na kritickou hodnotu a rostliny již nejsou schopny čerpat z půdy vláhu, uvadají. U každého druhu půdy je jiná kritická hodnota vlhkosti, v našem případě je označujeme jako stresovou půdní vlhkost a kritickou půdní vlhkost. Zajímá nás, za jaký čas se půdní vlhkost dostane na tyto kritické body. Hlavní podstatou bylo oddálit dosažení zmínovaných bodů a tím poskytnout rostlině v období sucha vláhu po delší čas.

Pro experiment byly stanoveny čtyři vzorky po dvaceti kusech. V prvním vzorku bylo 260 g půdy, ve druhém vzorku bylo 260 g půdy a 1 g hydrogelu, ve třetím vzorku bylo 260 g půdy, 1 g hydrogelu a 4 g pilin. Ve čtvrtém vzorku bylo 260 g půdy a 4 g pilin. Jednotlivé části každého vzorku byly pečlivě promíchané mezi sebou. Půda, která byla vybrána pro experiment, byla přesítovaná o maximální velikosti zrna 1 mm. Všechny složky použité ve vzorcích byly vysušeny na nulovou vlhkost. Vzorky byly umístěny do plastových válečků (Obrázek 9), na spodní straně bylo umístěno jemné síto pro lepší manipulaci při měření – zejména aby nedocházelo ke ztrátě půdní směsi (Obrázek 8).

Každý váleček (Obrázek 10) byl zvážen zvlášť, a zvlášť byly naváženy i jednotlivé komponenty. Na konci byl zvážen naplněný váleček po vysušení komponentů. Poté byl celý váleček ponořen do vody, kde byl ponechán 30 minut. Následně byl váleček přenesen na rošt, díky němuž odtekla přebytečná voda, kterou půda nebyla schopná

pojmout. Po odstranění přebytečné vody se váleček znovu zvážil a byla stanovena plná polní kapacita daného půdního profilu – tzn. maximální půdní vlhkost, kterou je půda schopna zadržet. Maximální půdní vlhkost byla stanovena dle vzorce:

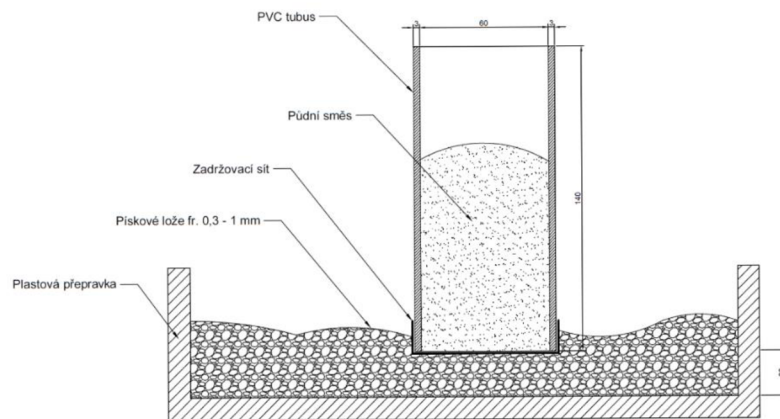
(1)

$$VL = \frac{(PV - VV)}{VV}$$

VL – vlhkost [%]

PV – hmotnost vzorku před vysušením [g]

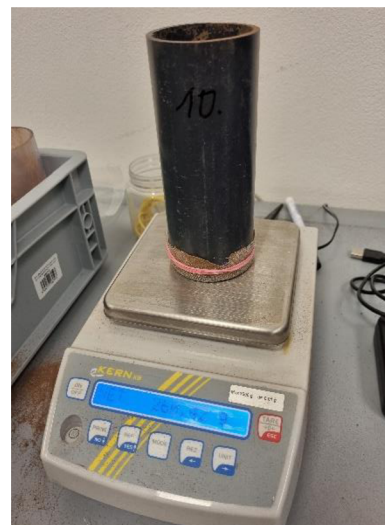
VV – hmotnost vzorku po vysušení [g]



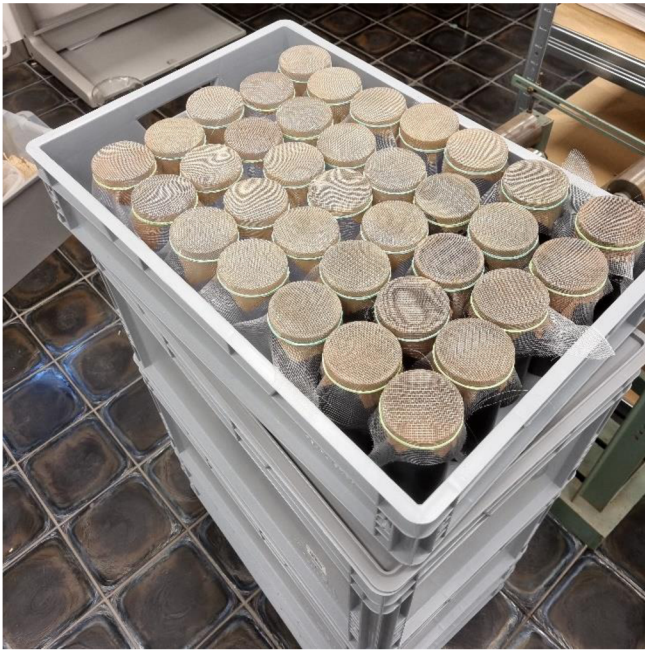
Obrázek 8: Schéma uložení válečku do pískového lože (Macků, Resnerová, Tomášková a kol., 2022).



Obrázek 9: Naplněné plastové válečky (zdroj vlastní).



Obrázek 10: Vážení plastových válečků (zdroj vlastní).



Obrázek 11: Plastové válečky umístěné v plastové přepravce (zdroj vlastní).



Obrázek 12: Plastové válečky vložené v komoře weise (zdroj vlastní).

Zvážené vzorky byly vloženy do přepravek (Obrázek 11) s pískovým ložem a následně umístěny do komory weise (Obrázek 12). V komoře byl nastaven denní cyklus, který odpovídal extrémnímu suchu v jarním období – vlhkost a teplota měnící se v závislosti na čase, viz tabulka 1. Toto měření trvalo 35 dnů. Každý den v 8 hodin probíhalo vážení vzorků. Gravimetricky byla změřena půdní vlhkost na základě změny hmotnosti válečků a následně byla stanovena měnící se půdní vlhkost v čase. Kontrolním vzorkem byla varianta válečku naplněného půdou.

Tabulka 1: Nastavené parametry v komoře weise.

Nastavený čas [h]	0-2	2-4	4-6	6-8	8-12	12-17	17-21	21-24
Teplota vzduchu [°C]	17	15	12	19	27	35	25	21
Relativní vlhkost vzduchu [%]	60	75	60	45	30	25	35	55

K vyhodnocení laboratorních výsledků, byl vytvořen matematický model, tzv. obecná rovnice.

(2)

$$\frac{dw(t)}{dt} + d_p(t) + d_h(t) + d_v(t) = q_z(t) - q_s(t)$$

Obecná rovnice byla upravena, aby sledovala jediný faktor, difuzi. Do rovnice nevstupuje zdroj, spotřebič (rostlina) a difúzní toky.

(3)

$$\frac{dw(t)}{dt} + d_p(t) = 0$$

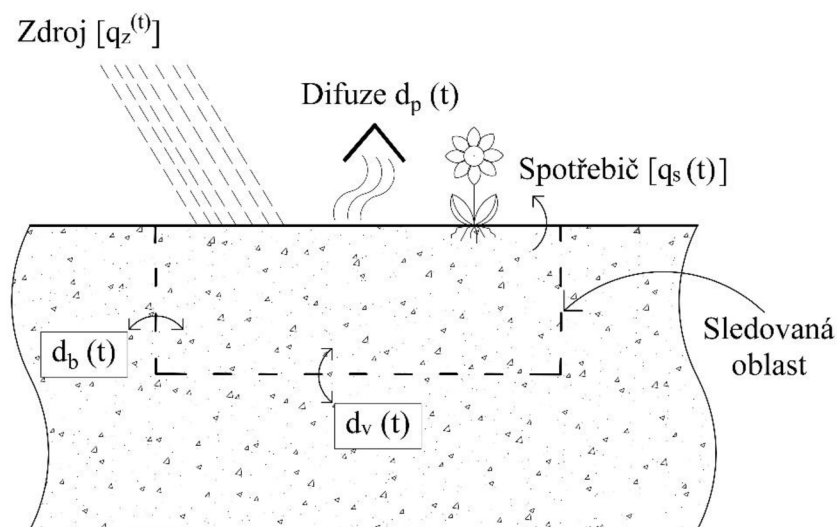
Kde $d_p(t) = b(t) w(t)$

Experiment má řešení, které vychází z obecného modelu:

(4)

$$w(t) = C e^{-b(t)t}$$

Celý experiment vyjadřuje relaxační děj, který znamená návrat narušeného systému do rovnováhy. Relaxační děj lze kvantifikovat podle času nebo odpočinku. Nejjednodušší teoretický popis relaxace jako funkce času (t) je exponenciální závislost $\exp(-t/T)$. Pokud je exponenciální úpadek úměrný rychlosti jeho aktuální hodnoty, lze tento proces vyjádřit diferenciální rovnicí, kde N je množství a λ je kladná sazba zvaná konstanta exponenciálního rozpadu. Hranicí pozorovaného experimentu je stacionární stav, ve kterém mají pozorované veličiny časově konstantní hodnoty. Stacionární termodynamický stav je především rovnovážný termodynamický stav pozorovaných veličin. Lze sledovat vliv modifikace půdy pomocí dvou parametrů C a $b(t)$.



Obrázek 9: Grafické znázornění obecné rovnice (Macků, Resnerová, Tomášková a kol., 2022).

Obrázek 13 graficky popisuje sledovanou oblast, která odpovídá experimentu v laboratorním prostředí. Díky testům v laboratoři je možné eliminovat zbylé faktory, které vstupují do děje pohybu vlhkosti v půdě.

4.2 Terénní práce

V této kapitole bude popsána výzkumná plocha, výsadba a aplikace hydrogelu a měření sazenic.

4.2.1 Charakteristika výzkumné plochy

Výběr výzkumné plochy probíhal na základě domluvy s Ing. Petrem Koukalem, který spravuje lesy Lesního družstva obcí Měřín. Výzkumná plocha byla zvolena v katastru obce Chlumek s kódem katastrálního území 651826. Výzkumná plocha tedy spadá pod správu Lesního družstva obcí Měřín.

Výzkumná plocha spadá do přírodní lesní oblasti 16. Českomoravská vrchovina. Převažujícím lesním typem na této ploše je 5B1 a cílovým hospodářským souborem je zde 55. Jedná se o část krajiny s mírným svahem, do které zasahuje částečně i lesní typ 6O1. Původní porost na této ploše byl vykácen z důvodu kůrovcové kalamity v roce 2020, jeho stáří bylo stanoveno na 60 let. V zastoupení původních dřevin v porostu převládá smrk ztepilý ze 73 %, přimíšenou dřevinou zde byl modřín opadavý z 12 % a vtroušeně se zde vyskytovaly jedle bělokorá, buk lesní, lípa srdčitá, javor klen, douglaska tisolistá

a olše lepkavá. Na obrázku 14 lze vidět výzkumnou plochu po přípravě na zalesnění, což spočívalo v odstranění buřeneš a oplocení plochy. Fotografie byla pořízena autorem 2. března 2022. Pro celkový detailnější popis výzkumné plochy je níže uveden i výpis z hospodářské knihy (Obrázek 15).



Obrázek 14: Výzkumná plocha k zalesnění (zdroj vlastní).

Dědičné: 14		Plocha: 22,37		LD 16		Českomoravská úrodnost		LHC: 606601	Platnost: 1.1.2018-31.12.2027	Úzek: Pavlinov									
Dleč: B		Plocha: 12,40		10		ZVLŠ:		Pásmo ohrož: D	L5(L2):	Reviz:									
Kategorie/překryv:				6114 - Velké Meziříčí				Kód KU: 651826				Název KU:							
Por. skupina:		6		Plocha por. skup.: 6,00		Les. hyp: 5B1		LVS: 5		CHS: 55		ORP:		Model. lés. %:		Obměny / Obn. doba: 100/40		% mel. a zpevl. dřev:	
Popis por. skup.:		+601. Vtroušené TR.												Těžba výchovná		Těžba obnovit.		Profesivky	
Por. číslo	Uč. číslo	Stavba	Dřevina	Zatím. #	Stavba	Stavba	Stavba	Stavba	Stavba	Stavba	Stavba	Stavba	Stavba	Stavba	Stavba	Stavba	Stavba	Stavba	Stavba
551	57	9	SM	73	27	25	0,64	32	1										
MD	12	28	26	0,71	32	1													
JD	5	26	23	0,57	32	1													
BK	3	24	22	0,42	28	2													
LP	2	24	20	0,38	28	2													
KL	2	27	24	0,58	28	2													
DG	2	31	26	0,91	36	5	C												
OL	1	25	22	0,45	26	2	C												
Por. sk. celkem:		100																	
Por. skupina:		7		Plocha por. skup.: 0,23		Les. hyp: 5V1		LVS: 5		CHS: 57		ORP:		Model. lés. %:		Obměny / Obn. doba: 130/40		% mel. a zpevl. dřev:	
Popis por. skup.:		Vtroušené OS, OLS.												Těžba výchovná		Těžba obnovit.		Profesivky	
576	61	10	OL	100	22	21	0,34	24	3	C									
Por. sk. celkem:		100																	
Por. skupina:		8		Plocha por. skup.: 3,20		Les. hyp: 601		LVS: 6		CHS: 57		ORP:		Model. lés. %:		Obměny / Obn. doba: 100/40		% mel. a zpevl. dřev:	
Popis por. skup.:		+SBI.												Těžba výchovná		Těžba obnovit.		Profesivky	
571	75	9	SM	98	30	28	0,86	32	1	C									
LP	2	38	29	1,46	32	1	C												
Por. sk. celkem:		100																	
Por. skupina:		8		Plocha por. skup.: 46		Les. hyp: 601		LVS: 6		CHS: 57		ORP:		Model. lés. %:		Obměny / Obn. doba: 100/40		% mel. a zpevl. dřev:	
Popis por. skup.:		+SBI.												Těžba výchovná		Těžba obnovit.		Profesivky	
Por. sk. celkem:		100																	

Obrázek 15: Výpis z hospodářské knihy (zdroj vlastní).

4.2.2 Výsadba

Na vybranou výzkumnou plochu byly v březnu 2022 vysazeny prostokořenné sazenice javoru kleny (*Acer pseudoplatanus*) ve věku 3 let s pěstebním vzorcem 0,5-0,5+1+1. Ve svazku bylo celkem 50 kusů sazenic javoru kleny. K výzkumu bylo vysázeno celkem 200 kusů sazenic. Jako způsob výsadby byla použita šterbinová sadba. Spon byl zvolen pravidelný, obdélníkový 1,6 x 1,5 m.

Při výsadbě jednotlivých sazenic byla každá sazenice označena barevným štítkem (plombou) s číslem. Štítky na sazenicích mají červenou a bílou barvu. Bílá barva znamená, že k sazenicím s tímto štítkem nebyl aplikován hydrogel (Obrázek 16). Červená barva štítku naopak znamená, že k sazenicím byl hydrogel aplikován (Obrázek 17).



Obrázek 16: Označení sazenice bílou plombou (zdroj vlastní).



Obrázek17: Označení sazenice červenou plombou (zdroj vlastní).

Začátek a konec každé vysázené řady byl označen dřevěným kolíkem, který byl pro lepší viditelnost zbarven do oranžové barvy (Obrázek 18).



Obrázek 18: Označení řady sazenic (zdroj vlastní).

4.2.3 Použití a aplikace hydrogelu

K sazenicím byl aplikován hydrogel s názvem STOCKOSORB 300; Evonik Nutrition & Care GmbH, Německo. K tomuto hydrogelu je v příloze č. 1 přiložen bezpečnostní list k použití hydrogelu.

Před výsadbou byl hydrogel smíchán s vodou poměrem 1:150, kdy ke každé sazenici s přidaným hydrogelem bylo aplikováno 2 dcl roztoku. Roztok byl aplikován ke 100 kusům vysázených sazenic, a to přímo do jamky ke kořenům. Ke zbývajícím 100 kusům hydrogel aplikován nebyl z důvodu porovnání výsledků a funkčnosti hydrogelu.

4.2.4 Měření sazenic

První měření bylo provedeno při výsadbě sazenic javoru klen dne 2. března 2022 pro získání vstupních dat. Předmětem měření byla výška sazenic a tloušťka kořenového krčku. K měření výšky sazenic byl použit svinovací metr (Obrázek 19). K měření tloušťky kořenového krčku bylo použito posuvné měřítko (Obrázek 20).



Obrázek 19: Měření výšky sazenic (zdroj vlastní).



Obrázek 20: Měření tloušťky kořenového krčku (zdroj vlastní).

Dne 9. října 2022 proběhlo druhé měření všech 200 kusů sazenic. U druhého měření byl zachován stejný způsob měření výšky a tloušťky kořenového krčku jako při prvním měření.

5 Výsledky

V kapitole Výsledky budou nejprve vyhodnoceny výsledky laboratorní práce, kde byl hlavní úkol ověřit účinnost hydrogelů v uměle vytvořených podmínkách. Druhá část této kapitoly bude vyhodnocovat použití hydrogelů v lese.

5.1 Výsledky laboratorní činnosti

K vyhodnocení experimentu funkčnosti půdního profilu existuje několik kritérií. Prvním kritériem je plná půdní kapacita (Obrázek 21) – množství vody, které je půda schopna zadržet. Směs půdy s hydrogelem a směs půdy, hydrogelu a pilin zadrželo největší množství vody. Směs půdy a pilin zadržela větší množství vody než samotná půda, ovšem tento nárůst je oproti prvním dvěma směsím zanedbatelný. K vyjádření trendu naměřených dat byla využita exponenciální funkce, do které byla použita experimentální data. Tato funkce nám popisuje průběh ztráty vlhkosti po celou dobu trvání experimentu. Exponenciální funkce je dána předpisem:

(5)

$$f(x) = a^x, a > 0 \wedge a \neq 1$$

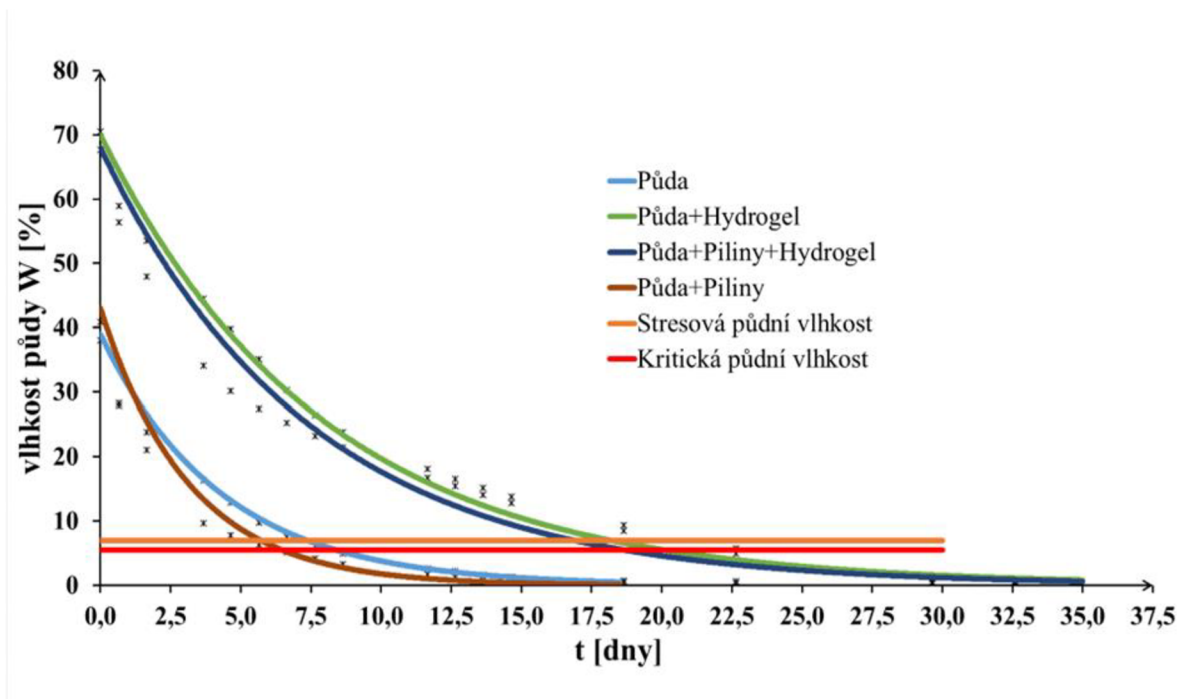
Exponenciální funkce popisuje věrohodnost naměřených dat s mírou spolehlivosti, kterou vyjadřuje R^2 . Míra úpadku exponenciální funkce značí rychlost vysoušení půdního profilu. Pro názornější vyjádření tohoto případu byla použita logaritmická funkce, která je inverzní k exponenciální funkci. Platí následující ekvivalent:

(6)

$$y = \log_a x \leftrightarrow a^y = x$$

Při našem experimentu byl použit přirozený logaritmus, jehož základem je Eulerovo číslo. Přirozený logaritmus označujeme $\log_e x$ A nebo $\ln x$. Jelikož se jedná o inverzní funkci, je znám definiční obor a obor hodnot, platí, že definiční obor

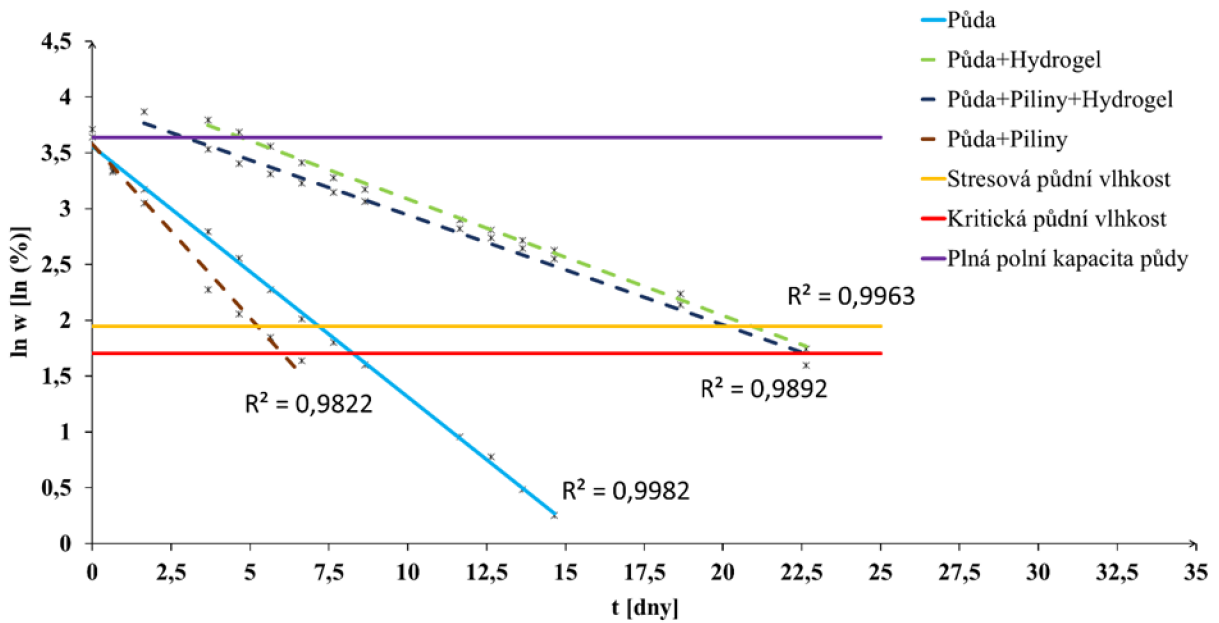
logaritmické funkce je stejný s oborem hodnot exponenciální funkce.



Obrázek 21: Změna půdní vlhkosti v jednotlivých variantách v čase experimentu.

Dále byla sledována schopnost uvolňování vlhkosti okolí. Pro růst rostlin je důležitá dostupnost vody z půdy. Modifikace půdy musí zadržet větší množství vody a zároveň dodávat vláhu rostlinám, nebo ji uvolňovat do prostředí.

Doba, kdy půda dosáhne bodu stresové půdní vlhkosti, nebo kritické půdní vlhkosti, je další porovnávací faktor experimentu (Obrázek 22). Při našem experimentu se prokázalo prodloužení této doby o zhruba 12 dní od plné polní kapacity u směsi půdy s hydrogelem a půdy s pilinami a hydrogelem. Půda s pilinami dosáhla kritických bodů zhruba o den a půl dříve.



Obrázek 22: Rychlost vysychání půdních systémů v jednotlivých variantách v čase experimentu.

5.2 Výsledky terénní práce

V průběhu roku 2022 byl za účelem vyhodnocení vlivů hydrogelů vytvořen data set. První data byla vložena v březnu 2022 a následně byly doplněny v říjnu totožného roku. V tomto datovém souboru byla zaznamenána data ohledně výšky sazenic, tloušťky kořenového krčku, čísla jednotlivých plomb sazenic, byly zde označené uhynulé sazenice a zpracovaná základní statistika (Tabulka 2).

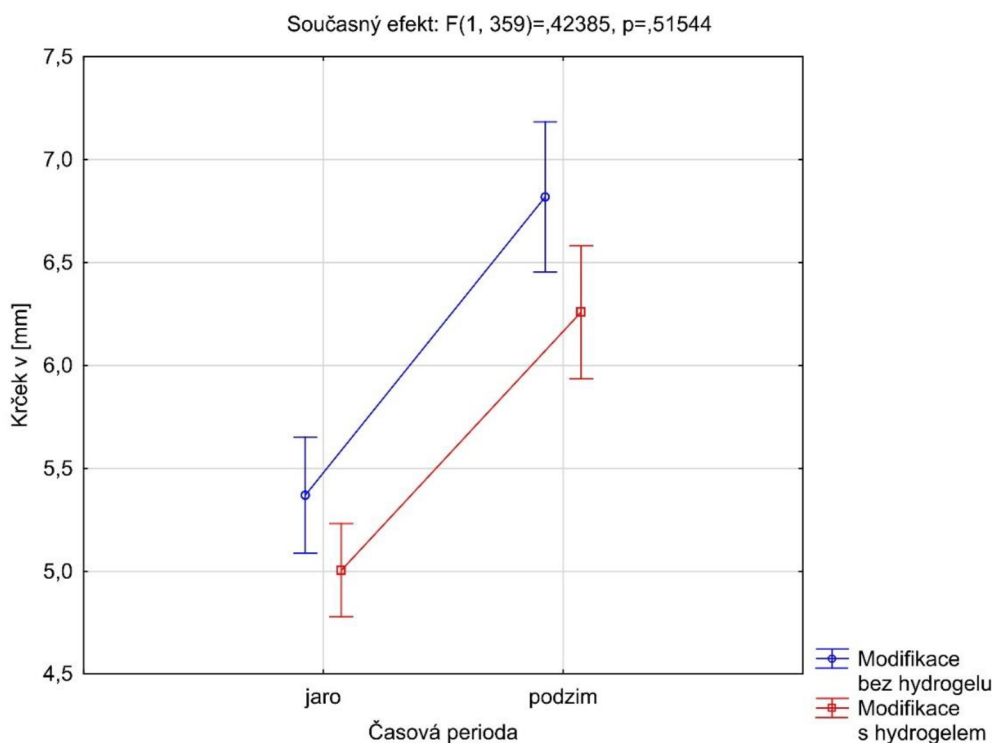
Ze zaznamenaných dat v tabulce 3 je na první pohled patrné, že mortalita sazenic byla vyšší o 7 % u sazenic bez hydrogelu. Dále z těchto dat můžeme vyvodit obecné tvrzení, že mortalita u sazenic javoru klenu za použití hydrogelu, je o 39 % nižší. Sazenic, u kterých byl aplikován hydrogel a nebyl zaznamenán žádný tloušťkový ani výškový přírůst, bylo 7,2 % z celkového počtu živých sazenic, tento jev je pravděpodobně způsoben aplikací hydrogelu. U sazenic bez hydrogelu je procento sazenic bez přírůstu 2,5 % a rozdíl mezi nimi u této varianty přechází do celkové mortality.

Tabulka 2: Základní statistická data.

	Průměrný kořenový krček	Průměrná výška	Minimum kořenový krček	Minimum výška	Maximum kořenový krček	Maximum výška	Směrodatná odchylka kořenový krček	Směrodatná odchylka výška
jaro	5	33	3	17	9	54	1,299	7,251
podzim	6	38	3	9	12	73	1,614	9,737

Tabulka 3: Výsledná tabulka zjištěných dat u sazenic s hydrogelem a bez hydrogelu.

Sazenice s hydrogelem	100 ks	Sazenice bez hydrogelu	100 ks
Sazenice bez přírůstu	6 ks	Sazenice bez přírůstu	2 ks
Rostoucí sazenice	83 ks	Rostoucí sazenice	80 ks
Uhynulé sazenice	11 ks	Uhynulé sazenice	18 ks
Mortalita	11%	Mortalita	18%
Bez přírůstu	6%	Bez přírůstu	2%

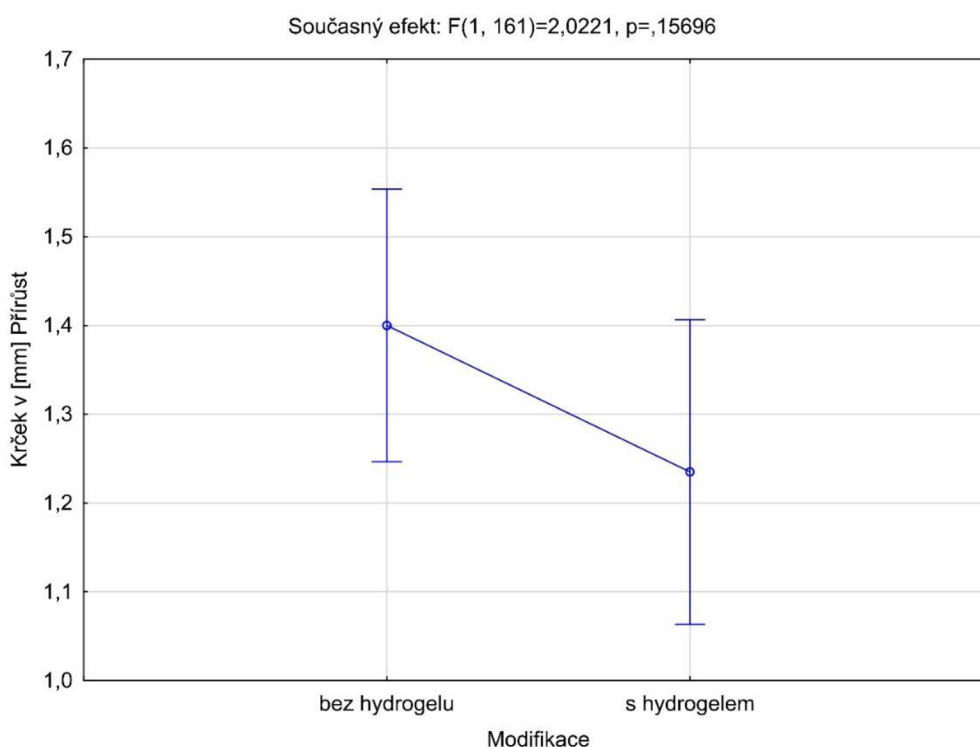


Obrázek 23: Grafické znázornění modifikace kořenového krčku u sazenic bez hydrogelu a u sazenic s hydrogelem. Chybové úsečky znázorňují rozptyl na hladině významnosti 0,05.

Pro zjištění statistického rozdílu ve variantě kořenového krčku u sazenic s hydrogelem a bez hydrogelu mezi obdobími jaro 2022 a podzim 2022 byl použit Duncanův test. V období jaro 2022 vstoupilo do testu 100 kusů sazenic s hydrogelem a 100 kusů sazenic bez hydrogelu. V období podzim 2022 již nebyly započítávány sazenice, které uhynuly či neměly žádný přírůst. Na jaře 2022 není významný statistický rozdíl v tloušťce kořenového krčku, naopak na podzim je rozdíl již statisticky významný, viz tabulka 4. Sazenice s hydrogelem rostly v průběhu roku pomaleji, lze se domnívat, že prožívaly vyšší stres z přesazení než sazenice bez hydrogelu, které naopak během roku více hynuly (Obrázek 23).

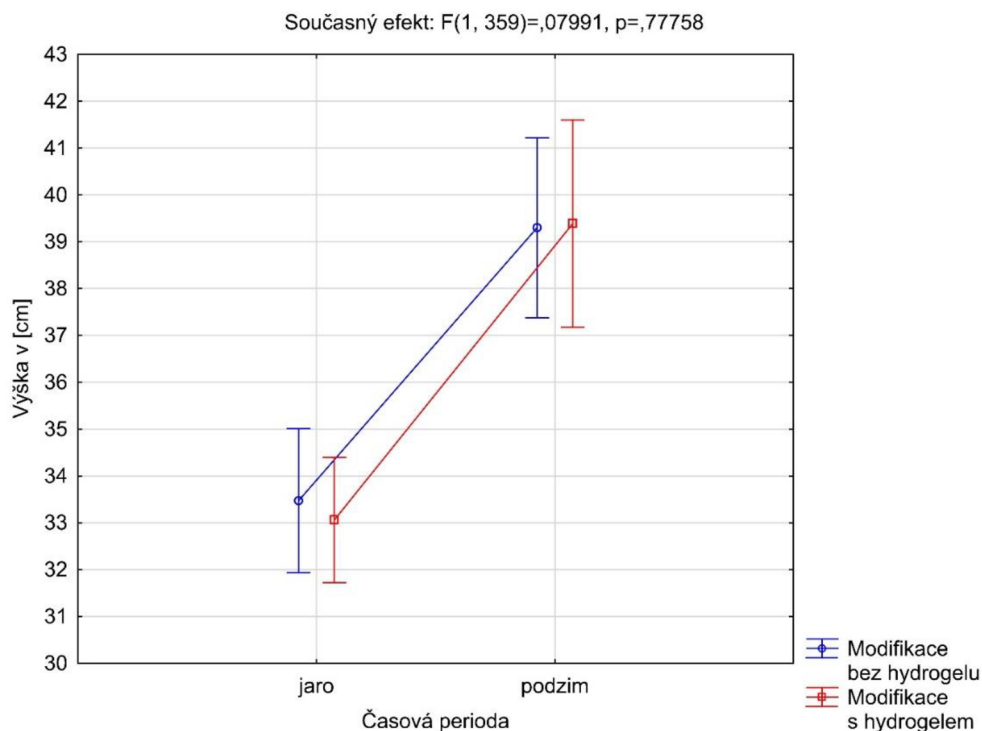
Tabulka 4: Hodnoty Duncanova testu u tloušťky kořenového krčku.

KRČEK		bez hydrogelu	bez hydrogelu	s hydrogelem	s hydrogelem
		jaro	podzim	jaro	podzim
bez hydrogelu	jaro		0,000011	0,084369	0,000034
bez hydrogelu	podzim	0,000011		0,000003	0,008144
s hydrogelem	jaro	0,084369	0,000003		0,000011
s hydrogelem	podzim	0,000034	0,008144	0,000011	



Obrázek 24: Grafické znázornění přírůstu kořenového krčku u sazenic s hydrogelem a bez hydrogelu. Chybové úsečky znázorňují rozptyl na hladině významnosti 0,05.

Při posuzování tloušťky kořenového krčku u sazenic s hydrogelem a u sazenic bez hydrogelu byla použita jednofaktorová ANOVA. Z obrázku 24 je patrné, že sazenice s hydrogelem mají menší přírůst než sazenice bez hydrogelu. Je zde rozdíl, ale není statisticky významný. Sazenice bez hydrogelu sice přirůstaly více, ovšem jejich mortalita byla vyšší.

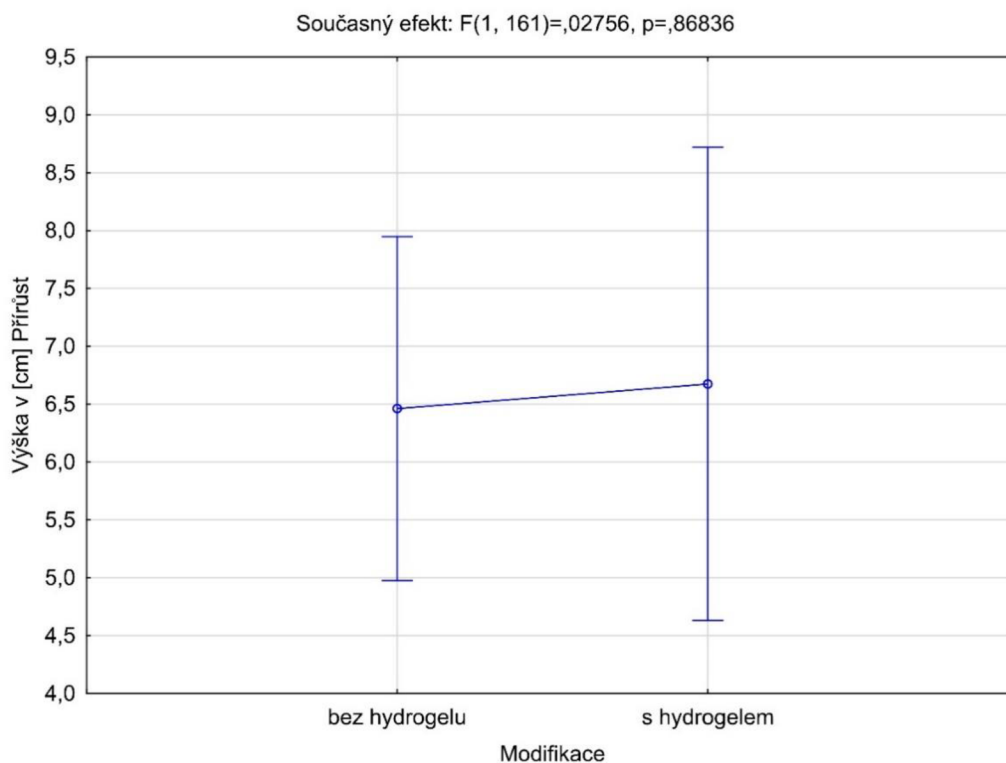


Obrázek 25: Grafické znázornění výškového růstu u sazenic bez hydrogelu a u sazenic s hydrogelem. Chybové úsečky znázorňují rozptyl na hladině významnosti 0,05.

Pro zjištění statistického rozdílu u růstu sazenic do výšky mezi obdobími jaro 2022 a podzim 2022 byl použit opět Duncanův test. Z obrázku 25 je patrné, že rozdíly nejsou opět statisticky významné, ale důležitou proměnnou je opět mortalita. Sazenice bez hydrogelu hynuly ve větším počtu, ovšem na podzim 2022 lze vidět, že výškový růst u sazenic s hydrogelem je téměř totožný, tedy není statisticky významný, viz tabulka 5.

Tabulka 5: Hodnoty Duncanova testu u výšky sazenic.

VÝŠKA		bez hydrogelu	bez hydrogelu	s hydrogelem	s hydrogelem
		jaro	podzim	jaro	podzim
bez hydrogelu	jaro		0,000011	0,740827	0,000013
bez hydrogelu	podzim	0,000011		0,000011	0,944986
s hydrogelem	jaro	0,740827	0,000011		0,000003
s hydrogelem	podzim	0,000013	0,944986	0,000003	



Obrázek 26: Grafické znázornění výšky sazenic s hydrogelem a bez hydrogelu. Chybové úsečky znázorňují rozptyl na hladině významnosti 0,05.

Při posuzování výšky u sazenic s hydrogelem a u sazenic bez hydrogelu byla použita jednofaktorová ANOVA. Pozorovaná skupina sazenic s hydrogelem vykazuje vyšší rozptyl výškových přírůstků než skupina sazenic bez hydrogelu, ovšem rozdíl opět není statisticky významný (Obrázek 26).

Na obrázku 23 a obrázku 25 vidíme, že zde není významný statistický rozdíl mezi nárůstem kořenového krčku a výšky sazenic s hydrogelem a bez hydrogelu. Významným zjištěním této práce je fakt, že hydrogel výrazně snižuje mortalitu sazenic, ale nemá statisticky významný vliv na růst sazenic, což může být způsobeno tím, že experiment byl aplikován na nevelkém počtu sazenic (200 kusů), a že sazenice byly sledovány pouze po dobu jednoho vegetačního období. Pokud bychom chtěli zaznamenat vyšší statisticky významné rozdíly, bylo by nutné použít dle statistik mnohonásobně více sazenic a sledovat je po delší časový úsek.

6 Diskuse

Použití hydrogelů v lesnickém provozu může mít v budoucnu významný potenciál. V současné době dochází k velkému rozpadu smrkových monokultur a vznikají holiny. Na holinách jsou nepříznivé podmínky pro přirozenou i umělou obnovu. Na některých půdách může docházet k vodnímu deficitu. Aplikací hydrogelů k sazenicím můžeme pomoci udržet u sazenic vodu i po dobu, kdy jí není dostatek, což také uvádí Stehlík a Hutla (2019) ve svém článku o zvýšení zadržování vody při lesní výsadbě.

V rámci terénních prací bylo zjištěno, že hydrogely mají významný vliv na mortalitu sazenic. Sazenice s hydrogelem měly mortalitu o 7 % nižší než sazenice v kontrolním vzorku, což uvádí i Repáč a kol. (2013), že u sazenic s hydrogelem byla mortalita nižší. Uvádí také, že po aplikaci hydrogelu Stocksorb byla zaznamenána ujímavost sazenic 98 % po prvním vegetačním období, což se s našimi výsledky liší o 9 %, kdy naše ujímavost byla 89 %.

Repáč a Belko ve zprávě o vývoji lesní kultury smrku a buku po aplikaci hnojiv a hydrogelu z roku 2020 uvádí, že první rok po výsadbě nebyl růst nadzemní části sadbového materiálu v porovnání s druhým vegetačním obdobím statisticky významný. Repáč a Belko také dokazují, že sazenice ošetřené hydrogelem měly nižší roční přírůst než sazenice přihnojené hnojivem Silvamix, což ale nebylo předmětem našeho zkoumání. Dále dle Repáče a Belka sazenice ošetřené hydrogelem měly sice nejnižší hodnoty růstových parametrů z jejich porovnávaných variant, ale byl významný výškový nárůst po pěti letech u sazenic buku, což značí, že účinky hydrogelu se projevují po delší době. Ve výzkumu v této diplomové práci nebyly zaznamenány významné výškové rozdíly sazenic zejména z důvodu krátké doby pozorování, lze se tedy domnívat, že po pěti letech by také bylo možné zaznamenat statisticky významné rozdíly v růstu nadzemní části sadebního materiálu.

Dle studie od Wanga a Booghera z Texaské univerzity bylo zjištěno, že při používání hydrogelu u pozorovaných rostlin se sice zvýšil růst, ale byla zhoršena kvalita rostlin, což mohlo mít za následek nesprávný poměr při míchání hydrogelu či jeho častou aplikaci k rostlinám, která byla v jejich výzkumu prostředkem zkoumání. U našeho výzkumu se však růst rostlin statisticky významně nepotvrdil. Naopak hydrogel v jejich výzkumu zvýšil zadržování vody v kořenovém systému rostliny, což se potvrdilo i v našem výzkumu, a to u laboratorní činnosti i u terénních prací. V našem výzkumu se potvrdilo, že půda,

piliny a hydrogel zadrží největší množství vody a v terénu bylo toto tvrzení potvrzeno na mortalitě sazenic, která byla u sazenice s hydrogelem podstatně nižší než u sazenic bez něj.

Při výsadbě byl hydrogel aplikován formou jíchy (hydrogel + voda) ke kořenovému systému sazenic. Macků a kol. (2022) ve své práci o způsobech aplikace hydrogelu a možnostech využití postupoval stejným způsobem. Dále Macků a kol. (2022) doporučuje ovšem i jiné způsoby aplikace, jako je například máčení kořenového systému v hydrogelu, nebo tabletu s hydrogelem. Macků a kol. (2022) uvádí, že aplikace tablety s hydrogelem je jednodušší formou aplikace – tableta se vkládá přímo do jamek pro sazenice, a pokud se tableta použije s nosičem, například pilinami, bude nosič bránit roztažnosti hydrogelu. Z tohoto důvodu bych tedy spíše doporučil aplikaci hydrogelu ve formě tablety.

7 Závěr

Diplomová práce se zabývá vlivem hydrogelu na ujímavost sazenic javoru klenu. V rámci této práce byla založena výzkumná plocha v katastru obce Chlumek v kraji Vysočina.

V úvodu práce byl zmíněn masivní rozpad lesů, který je způsoben zejména změnou klimatu, s čímž souvisí větší sucho. Srážky nejsou dostatečné, rozpad původních porostů se zrychluje, a proto je nutný antropogenní zásah.

Z výsledků diplomové práce je patrné, že hydrogely mají vliv na mortalitu sazenic javoru klenu – u sazenic s hydrogelem byla mortalita výrazně nižší. Dále byl jejich pozitivní vliv zaznamenán na snížené míře stresu při přesazení, avšak nebyl prokázán vliv na přírůst do výšky a tloušťky. Hydrogely prodloužily dostupnost vody jedincům, u kterých byly aplikovány a oddálily jejich vadnutí. Toto tvrzení bylo ověřeno v laboratoři i při terénních pracích.

Mortalita u sazenic s hydrogelem byla o 7 % nižší než u sazenic bez hydrogelu. Z naměřených dat lze vyvodit obecné tvrzení, že na ploše, kde je vysazen javor klen, bude o 39 % nižší mortalita, pokud bude k sazenicím aplikován hydrogel. Ke statistickému zhodnocení experimentu lze říct, že rozdíly ve výškovém a tloušťkovém přírůstu vysázených jedinců nejsou statisticky významné. Pro zvýšení pravděpodobnosti docílení statisticky významného rozdílu při použití hydrogelu, bylo by nutné zvýšit počet sazenic ve zkoumaném vzorku a prodloužit dobu jejich pozorování.

Využití hydrogelu lze doporučit při umělé obnově lesa, především na půdách s vysokým vodním deficitem. Dále také jako preventivní opatření při výsadbě za předpokladu špatných klimatických podmínek – sucha.

8 Literatura

AHMED, Enas M., 2015. *Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review*. 2013, 105-121 s.

BEDÁŇOVÁ, I., VEČEREK, V., 2019. *Základy statistiky*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. 130 s. [cit. 2023-04-01]. <https://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Skripta.pdf>

BEZECNÝ, P., LIPOVSKÝ, I., SUMARA, J., ŠRÁMEK, V., 1992. *Pěstování lesů*. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda. ISBN 80-209-0222-8.

BUŠINA, F., HRDINA, V., 2016. *Pěstování lesů*. Písek. CZ.1.07/1.1.14/01.0026.

DIVÍŠEK, J., CULEK, M., JIROUŠEK, M., 2010. *Javor klen (Acer pseudoplatanus L.)*. Biogeografie. Geografický ústav. Přírodovědná fakulta MU. Brno. [cit. 2023-04-01]. https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index_Ace_pse.html

DUDA, M., 2004. *Obnova lesa, výchova a ochrana porostu* [online]. Rokycany: Střední odborné učiliště lesnické a zemědělské učiliště Rokycany. [cit. 2023-04-01]. <http://obnova-lesa.euweb.cz/OBNOVALESA23skolk.pdf>

FILIOVÁ, B., 2017. *Příprava hydrogelu na bázi hyaluronanu*. Zlín. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

HEIN, S., COLLET, C., AMMER, CH., NOËL LE GOFF, SKOVSGAARD, J. P., SAVILL, P. A., 2009. review of growth and stand dynamics of *Acer pseudoplatanus L.* in Europe: implications for silviculture, *Forestry: An International Journal of Forest Research*. Číslo 4. 2009. 361–385 s. [cit. 2023-04-01]. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpn043>

HOLČAPKOVÁ, P., 2014. *Stabilitní studie hydrogelů s obsahem syrovátkových bílkovin*. Zlín. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Zuzana Kolářová Rašková, Ph.D.

HOLUŠA, O., ŠTĚRBA, T., HOLUŠOVÁ, K., 2014. *Lesnicko-typologické základy ochrany lesa*. Mendelova univerzita v Brně. Lesnická a dřevařská fakulta. CZ.1.07/2.4.00/31.0214. ISBN 978-80-7509-172-7. [cit. 2023-04-01]. <https://user.mendelu.cz/xfriedl/Literatura,%20ebooky/LESNICKO-TYOLOGICK%C3%89%20Z%C3%81KLADY%20OCHRANY%20LESA.pdf>

CHRÁSTKA, M., KOČVAROVÁ, I., 2014. Kvantitativní design v pedagogických výzkumech začínajících akademických pracovníků. Fakulta humanitních studií. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 978-80-7454-420-0. [cit. 2023-04-01].

KAMENÍČEK, T., 2018. *Polymerní systémy pro zvýšení retence vody v půdním prostředí*. Zlín. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Martina Hrabalíková, PhD.

KLABZUBA, J., KOŽNAROVÁ, V., 2004. *Voda v atmosféře, výpar, vlhkost vzduchu, půdy a materiálu*. APLIKOVANÁ METEOROLOGIE A KLIMATOLOGIE. VI. díl. Česká zemědělská univerzita v Praze. 40 s. ISBN 80-213-1123-1.

KOVÁŘ, K., HRDINA, V., BUŠINA, F., 2013. *Pěstování lesů*. Písek: Vyšší odborná škola lesnická a Střední lesnická škola Bedřicha Schwarzenberga Písek. CZ.1.07/2.1.00/32.0012.

KUŽELKA, K., SUROVÝ, P., *Statistika v R*. 2018. Fakulta lesnická a dřevařská ČZU. 163 s. ISBN 978-80-213-2921-8.

MACKŮ, J., RESNEROVÁ, K., TOMÁŠKOVÁ, I., HOLEČEK, T., HÁJKOVÁ, K., TROMBIK, J., 2022. *Způsoby aplikace hydrogelu a možnosti jeho využití v lesnickém provozu s inovovanými možnostmi dávkování*. Fakulta lesnická a dřevařská ČZU. 45 s.

MAHINROOSTA, M., 2018. Hydrogels as intelligent materials: A brief review of synthesis, properties and applications. *ScienceDirect* [online]. 2018 (8), 42-55 s. [cit. 2023-04-01].

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S246851941730263X#bib10>

MAUER, O., 2009. *ZAKLÁDÁNÍ LESŮ I*. Mendelova univerzita v Brně. Lesnická a dřevařská fakulta.

MITSCHERLICH, G., 1975. *Wald, Wachstrum, Umwelt*. Frankfurt a M.

NOVÁČKOVÁ, T., 2013. *Příprava syntetických superabsorbentů vody s obsahem huminových kyselin*. Brno. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Petr Sedláček.

NOVÁK, J., 2023. *Základy teorie chyb a zpracování fyzikálních měření*. Fakulta stavební ČVUT. 22 s. [cit. 2023-04-01]. <http://webfyzika.fsv.cvut.cz/PDF/teoriechyb.pdf>

PELÍŠEK, J., 1957. *Lesnické půdoznalství*. 1. vyd. 486 s. SZN Praha

PLÍVA, K., 1987. *Typologický klasifikační systém ÚHUL*. Brandýs nad Labem. 52 s. [cit. 2023-04-01].

https://www.uhul.cz/wpcontent/uploads/Typologicky_klasifikacni_system_UHUL_Pliva_1987.pdf

PODĚDINSKIJ, A. V., KREČMER, VL. 1984. *Funkce lesů v ochraně vod a půdy*. SZN. Praha. 1. vydání. 247 s.

POLÍVKA, M., SOPROVÁ, K., ZÍTOVÁ, Z., 2017. *Rádce vlastníka lesa do výměry 50 ha – III*. Brandýs nad Labem: ÚHÚL. ISBN 978-80-88184-09-6.

PROCHÁZKOVÁ, Z., BEZDĚČKOVÁ, L., 2007. *Comparison of seed quality from seed orchard and stands*. In: Sarvaš M., Sušková M. (eds): Aktuální problémy lesního školkářstva, semenářstva a umelej obnovy lesa 2007. Zborník referátov z medzinárodného seminára. Liptovský Ján, 27.–28. March 2007. Zvolen, 44–52 s.

REHÁK, Š., JANSKÝ, L., 2000. *Fyzika pôdy I: základné fyzikálne vlastnosti pôdy*. 1. vyd. Bratislava. Univerzita Komenského. 105 s. ISBN 80-223-1544-3

REPÁČ, I., BELKO, M., 2020. *Vývoj lesnej kultúry smreka obyčajného a buka lesného po aplikácii hnojiva a hydrogelu na kalamitnej ploche v pohorí javorie, stredné Slovensko*. Lesnícka fakulta. Technická univerzita vo Zvolene. 232-241 s. [cit. 2023-04-01]. <https://www.vulhm.cz/files/uploads/2021/01/607.pdf>

REPÁČ, I., KMEŤ, J., VENCURIK, J., BALANDA, M., 2013. *Účinky aplikácie komerčných stimulačných prípravkov na prežívanie, rastové a fyziologické parametre výsadby smreka obyčajného a buka lesného*. Zprávy lesnického výzkumu. 2013(2), 167-175 s.

REPÁČ, I., PAROBEKOVÁ, Z., SENDECKÝ, M., 2017. *Reforestation in Slovakia: History, current practice and perspectives*. REFORESTA [online]. 2017(3), 53-88 s. [cit. 2023-04-01]. <https://doi.org/10.21750/REFOR.3.07.31>

SALAŠ, P., MATRAIMOV, M. B., ACHMATOV M. K., 2011. *SLEDOVÁNÍ ODOLNOSTI MLADÝCH SAZENIC TILIA PLATYPHYLLOS L. VŮČI STRESOVÝM FAKTORŮM*. Úroda, vědecká příloha. 2011, 359–367 s. ISSN 0139-6013.

STEHLÍK, M., HUTLA, P., 2019. *Zvýšení zadržení vody v lesní výsadbě pomocí organického hnojení*. Lesnícká práce. 2019(2), 18-21 s.

- STEJSKALOVÁ, J., KUPKA, I., NOVÁKOVÁ, O., 2014. *Influence of sycamore seed stratification length on their germination capacity*. Journal of forest science. 212-217 s. [cit. 2023-04-01]. https://www.old-aj.cz/publicFiles/23_2014-JFS.pdf
- SUCHOMEL, J., KULHAVÝ, J., ZEJDA, J., MENŠÍK, L., PLESNÍK, J., 2015. *Ekologie lesních ekosystémů*. Mendelova univerzita v Brně. Lesnická a dřevařská fakulta. 166 s. CZ.1.07/2.2.00/28.0018.
- ŠARAPATKA, B., 2014. *Pedologie a ochrana půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. Odborná publikace. 232 s. ISBN 978-80-244-3736-1
- TOMÁŠKOVÁ, I., KUBÁSEK, J., 2016. *Fyziologie lesních dřevin I*. Fakulta lesnická a dřevařská ČZU. 266 s. ISBN 978-80-213-2608-8
- TRUTNOVSKÝ, J., 2019. Posouzení možností využití hydrofilních polymerů při obnově lesa v oblasti Národního parku Šumava v okolí obce Prášily. Praha. Bakalářská práce. ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. Vedoucí práce Ing. Jan Macků, Ph.D.
- UHLÍŘOVÁ, H., KAPITOLA, P., 2004. *Poškození lesních dřevin*. Lesnická práce s.r.o. Praha. 281 s. ISBN 80-86386-56-2.
- URBANCOVÁ, L., LACKOVÁ, E., 2015. *PEDOLOGIE*. Výuková skripta. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Hornicko-geologická fakulta. Institut environmentálního inženýrství. 73 s.
- VACEK, S., REMEŠ, J., VACEK, Z., BÍLEK, L., ŠTEFANČÍK, I., BALÁŠ, M., PODRÁZKÝ, V. 2018. *Pěstování lesů*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-2891-4.
- VACEK, Z., VACEK, S., BÍLEK, L., BALÁŠ, M., 2021. *Pěstování lesů*. Fakulta lesnická a dřevařská ČZU. 120 s. ISBN 978-80-213-3043-6.
- VAVŘÍČEK, D., KUČERA, A., 2015. *Lesnická pedologie pro posluchače LDF Mendelu v Brně*. Mendelova univerzita v Brně. Lesnická a dřevařská fakulta. Ústav geologie a pedologie. 182 s.
- WANG, Y., BOOGHER, C., 1987. *Effect of a Medium-Incorporated Hydrogel on Plant Growth and Water Use of Two Foliage Species*. Agricultural Research and Extension Center. Texas A&M University. [cit. 2023-04-01]. <https://meridian.allenpress.com/jeh/article/5/3/127/80220/Effect-of-a-Medium-Incorporated-Hydrogel-on-Plant>

Legislativní zdroje

Vyhláška Mze č. 29/2004 Sb.

Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích, v platném znění.


9 Přílohy

Příloha 1: Seznam vzorců

- 1) Stanovení plné polní kapacity půdního profilu.
- 2) Obecná rovnice pro vyhodnocení laboratorních výsledků.
- 3) Upravená obecná rovnice pro sledování faktoru difuze.
- 4) Obecný model řešení experimentu.
- 5) Předpis exponenciální funkce.
- 6) Použitá logaritmická funkce.

Příloha 2: Bezpečnostní list k použití hydrogelu.

BEZPEČNOSTNÍ LIST (EC 1907/2006)			
STOCKOSORB 660 MEDIUM			
Verze:	1.1 / CZ	VA-Nr	0514
Datum vypracování:	14.09.2016		
Datum vystavení:	13.08.2013	0634	
nahrazuje verzi:	1.0		
Strana:	1 / 9		



ODDÍL 1: Identifikace látky/směsi a společnosti/podniku

1.1. Identifikátor výrobku

STOCKOSORB 660 MEDIUM

Název látky	:	Polyakrylát draselný, příčně zesíťovaný.
Reg.č. CAS	:	25608-12-2
Č.CLP	:	-
Reg.č. REACH	:	-
Č. EINECS	:	Polymer

1.2. Příslušná určená použití látky nebo směsi a nedoporučená použití

Relevantní identifikování použití : zlepšovací prostředek půdy

1.3. Podrobné údaje o dodavateli bezpečnostního listu

Evonik Nutrition & Care GmbH
Bäckerpfad 25
47805 Krefeld
Nemecko
+49 (0) 2151-38-1370

E-mail: usgq-krefeld@evonik.com

Telefonní číslo pro naléhavé situace

Informace pro případ urazu +49 (0) 2365 49-2232 (Tlumočnický servis k dispozici)
Informace pro případ urazu +49 (0) 2365 49-4423 (fax)

ODDÍL 2: Identifikace nebezpečnosti

2.1. Klasifikace látky nebo směsi

Zařazení podle Nařízení (ES) č. 1272/2008 [CLP].

Podle směrnice (ES) č. 1272/2008 není nebezpečnou látkou ani směsí.

2.2. Prvky označení

Žádné povinné informace na štítcích.

2.3. Další nebezpečnost

Vysypaný produkt vytváří s vodou nebo vlhkostí velké nebezpečí uklouznutí!
Uchovávejte mimo dosah dětí.
Dojde-li k vývoji prachu, může se vytvořit výbušná směs prach/vzduch.

BEZPEČNOSTNÍ LIST (EC 1907/2006)**STOCKOSORB 660 MEDIUM**

Verze: 1.1 / CZ VA-Nr 0514
 Datum vypracování: 14.09.2016
 Datum vystavení: 13.08.2013 0634
 nahrazuje verzi: 1.0
 Strana: 2 / 9

**ODDÍL 3: Složení/informace o složkách**

Polyakrylát draselný, příčně zesíťovaný.

3.1. Látky

Údaje o součástech / Nebezpečné složky podle nařízení EU-CLP (označování nebezpečných látek) (ES) č. 1272/2008

Chemický název	Reg.č. CAS Č. EC Reg.č. REACH	Koncentrace	Klasifikace
Polyakrylát draselný, příčně zesíťovaný.	25608-12-2 --- ---	>= 95,0 %	Not applicable

texty souborů H- viz kapitola 16

3.2. Směsi

-

ODDÍL 4: Pokyny pro první pomoc**4.1. Popis první pomoci**

Styk s kůží : Omývejte mýdlem a velkým množstvím vody. Znečištěný oděv vyměnit.
 Zasažení očí : Opláchněte velkým množstvím vody, je-li to třeba, vyhledejte lékařskou pomoc.
 Požití : V případě potíží se poraďte s lékařem.

4.2. Nejdůležitější akutní a opožděné symptomy a účinky

žádné nejsou známy

4.3. Pokyn týkající se okamžité lékařské pomoci a zvláštního ošetření

Pri spolknutí: Dejte vypít velké množství vody

ODDÍL 5: Opatření pro hašení požáru**5.1. Hasiva**

Vhodné hasicí prostředky : vodní postřik, pěna, CO₂, suchý prášek
 Nevhodná hasiva : Plný proud vody

5.2. Zvláštní nebezpečnost vyplývající z látky nebo směsi

Oxid uhelnatý, oxid uhličitý

5.3. Pokyny pro hasiče

Nejsou potřebná žádná zvláštní opatření.

ODDÍL 6: Opatření v případě náhodného úniku**6.1. Opatření na ochranu osob, ochranné prostředky a nouzové postupy**

Vyspaný produkt vytváří s vodou nebo vlhkostí velké nebezpečí uklouznutí!

6.2. Opatření na ochranu životního prostředí

Zachytit. Malé zbytky spláchnout velkým množstvím vody do kanalizačního systému a dopravit do biologické úpravy odpadních vod.

BEZPEČNOSTNÍ LIST (EC 1907/2006)**STOCKOSORB 660 MEDIUM**

Verze: 1.1 / CZ VA-Nr 0514
Datum vypracování: 14.09.2016
Datum vystavení: 13.08.2013 0634
nahrazuje verzi: 1.0
Strana: 3 / 9

**6.3. Metody a materiál pro omezení úniku a pro čištění**

Zamette a přeneste do vhodné nádoby k likvidaci.
Pečlivě očistěte.
Proces případně zopakovat

6.4. Odkaz na jiné oddíly

Osobní ochrana viz sekce 8.

ODDÍL 7: Zacházení a skladování**7.1. Opatření pro bezpečné zacházení**

Pokyny pro bezpečné nakládání : Při výstupu prachu nosit masku proti prachu. Při překročení MAK-hodnoty použít masku proti prachu. Zajistěte přiměřené větrání.
Pokyny k ochraně proti požáru a výbuchu : Proveďte opatření proti elektrostatickým výbojům. Samotný produkt není výbušný; jemný prach však může se vzduchem vytvářet výbušné směsi. Zabraňte vzníkání prachu.

7.2. Podmínky pro bezpečné skladování látek a směsí včetně neslučitelných látek a směsí

Požadavky na skladovací prostory a kontejnery : Neskladovat volně sypaný materiál v množství nad 3 m³ trvalo nad 50 °C teplotního průměru. Udržovat v suchu. Chránit před vlhkem.

7.3. Specifické konečné / specifická konečná použití

žádné

ODDÍL 8: Omezování expozice / osobní ochranné prostředky**8.1. Kontrolní parametry**

Složky nebo produkty rozkladu podle bodu 10 s mezními hodnotami, které je nutno kontrolovat, vztaženými na pracoviště

Polyakrylát draselný, příčně zesíťovaný. 25608-12-2 0,05 mg/m³
MAK (DFG)
Bežní alveolova frakce
Cat. 4

C - Při dodržení hodnoty MAK a BAT se netřeba obávat účinku, který poškozuje plod.
Evropské společenství pro textilie na jedno použití a netkané textilie (Disposables and Nonwovens Association (EDANA)) doporučilo na základě hodnoty NOEL (No Observed Effect Level) (nezjištěné hladiny účinku) 2-leté inhalační studie (viz odstavec 11) mezní hodnotu pro pracoviště 0,05 mg/krychlový metr respirabilního prachu superabsorbujícího polymeru (velikost částic menší než 10 mikronů).

8.2. Omezování expozice

Hygienická opatření : Dodržujte bezpečnostní předpisy pro manipulaci s chemikáliemi.
Ochrana dýchacích orgánů : Při výstupu prachu nosit masku proti prachu., Při překročení MAK-hodnoty použít masku proti prachu.
Ochrana rukou : není nutné
Ochrana očí : Ochranné brýle

ODDÍL 9: Fyzikální a chemické vlastnosti**9.1. Informace o základních fyzikálních a chemických vlastnostech**

Forma : prášek
Barva : bílý
Zápach : bez zápachu

BEZPEČNOSTNÍ LIST (EC 1907/2006)**STOCKOSORB 660 MEDIUM**

Verze: **1.1 / CZ**
Datum vypracování: **14.09.2016**
Datum vystavení: **13.08.2013**
nahrazuje verzi: **1.0**
Strana: **4 / 9**

VA-Nr

0634**0514**

pH : cca. 7,7
1,0 g/l

Bod tání : nepoužitelné

Bod varu : nepoužitelné

Bod vzplanutí : nepoužitelné

Tlak par : < 20 hPa
(20 °C)

Rozpustnost ve vodě : (20 °C)
Poznámky: prakticky nerozpustná látka

Termický rozklad : Při dodržení stanoveného způsobu použití nedochází k rozkladu.

Dynamická viskozita : nepoužitelné

Hustota : cca. 0,7 g/cm³

9.2. Další informace

Sypná měrná hmotnost : cca. 600 kg/m³

Teplota vznícení : nestanoveno

Další informace : žádné

ODDÍL 10: Stálost a reaktivita**10.1. Reaktivita**

viz odstavec 10.2.

10.2. Chemická stabilita

Při dodržení stanoveného způsobu použití nedochází k rozkladu.

10.3. Možnost nebezpečných reakcí

Není známo.

10.4. Podmínky, kterým je třeba zabránit

Vyvarovat se teplotám nad 200° C.

10.5. Neslučitelné materiály

Není známa neslučitelnost s ostatními materiály.

10.6. Nebezpečné produkty rozkladu

Není známo.

ODDÍL 11: Toxikologické informace**11.1. Informace o toxikologických účincích**

Akutní toxicita (orální) : LD50
Druh: Krysa
Dávka: > 5.000 mg/kg
Metoda: OECD 401, limit test

BEZPEČNOSTNÍ LIST (EC 1907/2006)**STOCKOSORB 660 MEDIUM**

Verze: 1.1 / CZ
Datum vypracování: 14.09.2016
Datum vystavení: 13.08.2013
nahrazuje verzi: 1.0
Strana: 5 / 9

VA-Nr

0514



✓ Akutní toxicita (dermální) : LD50
Druh: Krysa
Dávka: > 2.000 mg/kg
Metoda: OECD 402, limit test

✓ Poleptání/dráždění kůže : Druh: Králík
Metoda: OECD 404
Poznámky: nedráždivý

✓ Těžké poškození
očí/dráždění očí : Druh: Králík
Metoda: OECD 405
Poznámky: Slabě dráždění očí
Účinek částic

✓ Sensibilizace dýchacích cest
/ sensibilizace kůže : Druh: morčata
Metoda: OECD 406
Poznámky: nesenzibilizuje

Posouzení CMR

Karcinogenita : Bez odkazu na kritické vlastnosti

Mutagenita : není mutagenní v testech *in vivo a vitro*
nemutagenní; Ames-Test

Teratogenita : Bez odkazu na kritické vlastnosti

• Toxicita pro reprodukci : Bez odkazu na kritické vlastnosti

✓ Toxicita pro specifické cílové
orgány – opakovaná
expozice : Chronická (2-letá) celoživotní inhalační studie na krysách, prováděná
mikronizovaným prachem uperabsorbujícího polymeru (k získání zcela
vdechovatelných částic) vedla k nespecifické zánětlivé reakci v plicích. U nejvyšších
chronicky podávaných koncentrací vedly tyto reakce u některých zvířat k tvorbě
nádoru. (viz kontrola pracoviště/ochranná výstroj odstavec 8). Bez chronického
zánětu se tvorba nádorů neočekává. Studie poskytla definovanou hodnotu NOEL
0,05 mg/krychlový metr mikronizovaného prachu superabsorbujícího polymeru.

Nebezpečnost při vdechnutí : neodpovídá

Další informace : Testy, uvedené v poli 11, respektive 12, byly prováděny na srovnatelném produktu v
laboratoři pro toxikologii a ekologii, Evonik Stockhausen GmbH, Krefeld.
S výjimkou 2-letých studií.

BEZPEČNOSTNÍ LIST (EC 1907/2006)**STOCKOSORB 660 MEDIUM**

Verze: 1.1 / CZ
Datum vypracování: 14.09.2016
Datum vystavení: 13.08.2013
nahrazuje verzi: 1.0
Strana: 6 / 9

VA-Nr

0634

0514

**ODDÍL 12: Ekologické informace****12.1. Toxicita**

vodní toxicita, ryby : Druh: *Leuciscus idus* (Jesen zlatý)
Délka expozice: 96 h
LC50: > 5.500 mg/l
Metoda: Směrnice OECD 203 pro testování
Druh: *Danio rerio* (danio pruhované)
Délka expozice: 96 h
LC50: > 4.000 mg/l
Metoda: Směrnice OECD 203 pro testování

vodní toxicita, bezobratlé živočichy : Druh: *Tetrahymena pyriformis*
EC50: > 6.000 mg/l
Metoda: Erlanger Ciliatentest (Prof. Gräf)

toxicita u mikroorganismů : Druh: *Pseudomonas putida* (Bakterie)
Délka expozice: 24 h
EC50: > 6.000 mg/l
Metoda: DEV L8

Toxicita organismů žijících v půdě : Akutní toxicita dešťovek
Druh: *Eisenia foetida*
Délka expozice: 14 d
LC50: > 20.000 mg/kg
Metoda: OECD TG 207

12.2. Perzistence a rozložitelnost

Biologická degradabilita : Výsledek: Za aerobních podmínek není rychle odbouratelný

Fyzikálně chemické způsoby likvidace : Výrobek je v čističkách odpadních vod vzhledem k jeho nerozpustnosti dobře odstranitelný.

12.3. Bioakumulační potenciál

Bioakumulace : Nehromadí se v biologických tkáních.

12.4. Mobilita v půdě

Rozdělení v okolním prostředí : Bez odkazu na kritické vlastnosti

12.5. Výsledky posouzení PBT a vPvB

Posouzení perzistentních bioakumulativních a toxických (PBT) a vysoce perzistentních a vysoce bioakumulativních (vPvB) látek : PBT: ne
vPvB: ne

12.6. Jiné nepříznivé účinky

Obecné informace : Není známo.

BEZPEČNOSTNÍ LIST (EC 1907/2006)**STOCKOSORB 660 MEDIUM**

Verze:	1.1 / CZ	VA-Nr	0514
Datum vypracování:	14.09.2016		
Datum vystavení:	13.08.2013	0634	
nahrazuje verzi:	1.0		
Strana:	7 / 9		

**ODDÍL 13: Pokyny pro odstraňování****13.1. Metody nakládání s odpady**

- | | | |
|------------------|---|--|
| Výrobek | : | Může být v souladu s místními předpisy uloženo na skládku nebo spaleno ve vhodné spalovně. |
| Znečištěné obaly | : | Prázdné nádoby znovu nepoužívejte. |

ODDÍL 14: Informace pro přepravu

Není hodnoceno jako nebezpečné zboží ve smyslu přepravních předpisů.

- | | |
|---|----|
| 14.1. Číslo OSN: | -- |
| 14.2. Příslušný název OSN pro zásilku: | -- |
| 14.3. Třída/třídy nebezpečnosti pro přepravu: | -- |
| 14.4. Obalová skupina: | -- |
| 14.5. Nebezpečnost pro životní prostředí: | -- |
| 14.6. Zvláštní bezpečnostní opatření pro uživatele: | Ne |

ODDÍL 15: Informace o předpisech**15.1. Nařízení týkající se bezpečnosti, zdraví a životního prostředí/specifické právní předpisy týkající se látky nebo směsi****Národní legislativa**

- | | | |
|--------------------------------|---|---|
| Posouzení chemické bezpečnosti | : | Pro tento produkt není požadován podle článku 2(8), 2(9) nebo článku 14 nařízení REACH bezpečnostní zpráva o látce. |
|--------------------------------|---|---|

Registrační status

Evropa (EINECS/ELINCS)	Švýcarsko (seznam jedu)
TSCA (USA)	Švýcarsko (seznam jedu)
DSL (CDN)	Švýcarsko (seznam jedu)
AICS (AUS)	Švýcarsko (seznam jedu)
METI (J)	Švýcarsko (seznam jedu)
ECL (KOR)	Švýcarsko (seznam jedu)
PICCS (RP)	Švýcarsko (seznam jedu)
IECSC (CN)	Švýcarsko (seznam jedu)
HSNO (NZ)	Švýcarsko (seznam jedu)

ODDÍL 16: Další informace**Seznam literárních zdrojů**

- | | | |
|-----------------|---|---|
| Uvedení pramenů | : | příslušné příručky a publikace
Vlastní zkoušky
vlastní toxikologické a ekotoxikologické studie
toxikologické a ekotoxikologické studie jiných výrobců
SIAR
OECD-SIDS
RTK public files |
|-----------------|---|---|

BEZPEČNOSTNÍ LIST (EC 1907/2006)**STOCKOSORB 660 MEDIUM**

Verze:	1.1 / CZ	VA-Nr	
Datum vypracování:	14.09.2016		0514
Datum vystavení:	13.08.2013	0634	
nahrazuje verzi:	1.0		
Strana:	8 / 9		



Změny proti poslední verzi budou vysvětleny na okraji. Tato verze nahrazuje všechny předchozí verze.

Tyto informace a další technické pokyny vycházejí z našich současných vědomostí a zkušeností. Nevyplyvá z nich však žádná právní ani jiná odpovědnost z naší strany, mj. ve vztahu ke stávajícím právům třetích osob k duševnímu vlastnictví, zejména právům patentovým. Nezamyšlíme zejména poskytnout jakoukoli záruku, ať už výslovnou nebo odvozenou, za vlastnosti produktu v právním slova smyslu, ani žádná taková záruka z těchto informací a pokynů nevyplyvá. Vyhrazujeme si právo provést jakékoli změny vyplývající z technického pokroku nebo jiných okolností. Zákazník není zproštěn povinnosti provést pečlivou prohlídku a zkoušku obdrženého zboží. Funkce produktu, které jsou zde popsány, je třeba ověřit pomocí testu, který by měl být proveden pouze kvalifikovanými odborníky v rámci výhradní odpovědnosti zákazníka. Odkaz na ochranné známky používané jinými společnostmi nepředstavuje žádné doporučení ani z něho nevyplyvá, že by nebylo možné použít podobné produkty.

BEZPEČNOSTNÍ LIST (EC 1907/2006)**STOCKOSORB 660 MEDIUM**

Verze:	1.1 / CZ	VA-Nr	0514
Datum vypracování:	14.09.2016		
Datum vystavení:	13.08.2013	0634	
nahrazuje verzi:	1.0		
Strana:	9 / 9		

**Legenda**

ADR	Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných nákladů
ADN	Evropská dohoda o přepravě nebezpečných tovarů po vnitrozemských vodních cestách
ADNR	Evropská dohoda o přepravě nebezpečných nákladů po Rýnu
ASTM	Americká společnost pro zkoušení materiálů
ATP	Přízpusobenění na technický pokrok
BCF	Biokoncentracní faktor
BetrSichV	předpisy bezpečnosti provozu
c.c.	zavřena nádoba
CAS	Společnost pro zadávání CAS-čísel
CESIO	Evropský výbor pro organické tenzidy a jejich meziprodukty
ChemG	Zákon o chemikáliích (Německo)
CMR	karcinogenní-mutagenní-toxický pro reprodukci
DIN	Německý institut pro normování zapsány spolek
DMEL	Odvozená hladina minimální expozice
DNEL	Odvozená úroveň nulového efektu
EINECS	Evropský inventář chemikálií
EC50	středná efektivní koncentrace
GefStoffV	Nařízení o nebezpečných látkách
GGVSEB	Nařízení o nebezpečných tovarech na silnicích, železnici a ve vnitrozemské vodní dopravě
GGVSee	Nařízení o nebezpečných tovarech na moři
GLP	Dobrá laboratorní praxe
GMO	Geneticky Modifikovaný Organismus
IATA	Mezinárodní sdružení o letecké přepravě
ICAO	Mezinárodní organizace civilního letectví
IMDG	Mezinárodní kód pro nebezpečné náklady na moři
ISO	Mezinárodní organizace pro normování
LOAEL	Nejnižší dávka podané chemické látky, u které byly ještě v pokusech na zvířatech pozorovány poškození.
LOEL	Nejnižší dávka podané chemické látky, u které byly ještě v pokusech na zvířatech pozorovány účinky.
NOAEL	Nejvyšší dávka látky, která i při přetrvávajícím požívání nezanechává žádné viditelné a měřitelné poškození.
NOEC	Koncentrace bez pozorovatelného účinku
NOEL	Dávka bez pozorovatelného účinku
o. c.	otevřená nádoba
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
OEL	Hraniční hodnoty vzduchu na pracovišti
PBT	Perzistentní, biologicky akumulovaný, toxický
PEC	Předpokládaná koncentrace v životním prostředí
PNEC	Předpověděná koncentrace v aktuálním médiu životního prostředí, u které už více nedochází k žádnému působení na životní prostředí.
REACH	REACH registrace
RID	Předpis o mezinárodní přepravě nebezpečných nákladů po železnici
STOT	Specifická toxicita cílového orgánu
SVHC	Látky vzbuzující velké obavy
TA	Technický návod
TPR	Třetí jako zástupce (Čl. 4)
TRGS	Technické pravidla pro nebezpečné látky
VCI	Svaz chemického průmyslu, zapsaný spolek
vPvB	velmi perzistentní, velmi biologicky akumulovaný
VOC	prchavé organické substance
VwVwS	Správní předpis pro zařazení látek ohrožujících vodu
WGK	Třída znečištění vod
WHO	Světová zdravotnická organizace