

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pedologie a ochrany půd



Vliv mulčování na vlhkost půdy

Bakalářská práce

Autor práce: Pavlína Pokorná

Obor studia: Veřejná správa v zemědělství a krajině

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Fér, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv mulčování na vlhkost půdy" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 3.5.2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Miroslavu Férovi, Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce a katedře pedologie a ochrany půd za možnost provedení laboratorních pokusů.

Vliv mulčování na vlhkost půdy

Souhrn

Bakalářská práce obsahuje teoretickou a praktickou část. Teoretická část se skládá ze základních informací o vlastnostech půdy, půdní vlhkosti a měření půdní vlhkosti. V teoretické části byl popsán význam a způsob mulčování, druhy mulčovacích materiálů a jejich vliv na úrodnost půdy.

Cílem mé bakalářské práce bylo zjistit a popsat vliv různých mulčovacích materiálů na vlhkost půdy a posoudit jejich výhody či nevýhody při jejich použití. Experimentální část probíhala na pozemku demonstrační a výzkumné stanice v Praze – Tróji, spadající pod Českou zemědělskou univerzitu. Pokus na pozemku byl založen v roce 2018, pozemek byl rozdělen na více osázených „parcelek“, které byly pokryty jednotlivými variantami mulčovacích materiálů.

Na základě měření z polního experimentu byla vyhodnocena data, ze kterých bylo vycházeno v praktické části bakalářské práce. Byla provedena analýza vzorků, stanoveny základní fyzikální a chemické vlastnosti půdy. Pro měření půdní vlhkosti v experimentu se využívalo senzorů TMS – 4.

Teploty a vlhkosti půdy byly měřeny od roku 2018 až do roku 2020 pomocí senzorů TMS – 4 na 6 typech mulčovacího materiálu a holé půdě. Pro detailnější popis vlivu mulčovacích materiálů za různých klimatických podmínek byly vybrány dvě periody. Jedna perioda, kdy po vydatném dešti následovalo dlouhé období bez srážek (perioda sucha v období od 19.6.2019 do 12.7.2019) a druhá perioda s vydatnými srážkami (perioda dešťů z období od 9.7.2019 do 20.8.2019). Na pozemcích bylo použito dohromady 6 typů mulčovacích materiálů (štěpka, štěrk, mulčovací kůra, sláma, netkaná textilie, folie agroeco). Sedmý pozemek zůstal nezakrytý, jednalo se o kontrolní variantu, která sloužila pro porovnání naměřených hodnot. Z dat provedeného výzkumu byly zhodnoceny jednotlivé mulčovací materiály v dané periodě, porovnány jejich vlastnosti, teplota a zejména objemová vlhkost půdy. Dále byly porovnány minimální a maximální hodnoty teploty a vlhkosti půdy v obou periodách.

Nejvyšších hodnot měřené objemové vlhkosti půdy dosáhla štěpka a štěrk. Objemová vlhkost půdy při použití štěpky jako mulčovacího materiálu byla nejvíce stabilní k množství srážek v dané periodě.

Naopak nejnižší objemová vlhkost půdy byla zaznamenána pod variantou s pokrytím fólií agroeco. Nejvíce kolísavé hodnoty objemové vlhkosti půdy byly sledovány u varianty kontrolní.

Klíčová slova: mulčování, půdní vlhkost, vlhkostní senzor TMS4, půdní vlastnosti

The impact of mulching on soil water contents

Summary

The bachelor's thesis consists of the theoretical and practical part. The theoretical part contains basic information about soil properties, soil moisture and soil moisture measurement methodology. The theoretical part describes methods of mulching, importance of mulching, types of mulch materials and the effect of mulching on soil fertility.

The aim of the bachelor's thesis was to describe the effect of different mulch materials on soil water content and to assess the advantages and disadvantages. The experimental part was conducted at the Demonstration and research station in Prague – Troja, which belongs to the Czech University of Agriculture. The experiment was set up in 2018, the field had been divided into several smaller areas, each of them was covered with different mulch materials.

The practical part of the bachelor's thesis was to evaluate the effect of mulch material based on the measurement taken in the field experiment. Soil samples from the field were taken and basic physical and chemical soil properties were determined.

Soil temperature and soil water content were measured between 2018 and 2020 using TMS-4 sensors in 6 types of mulch material and bare soil. However, two specific periods were selected for a better understanding and more detailed description of the effect of the mulch materials on soil temperature and soil water content under different climatic conditions. The first particularly described period was after heavy rainfall followed by a long period without any precipitation (drought period) between 19th June 2019 to 12th July 2019 and the second particularly described period was a long-term steady precipitation period between 9th July 2019 to 20th August 2019. A total of 6 types of mulch materials were used on the field (wooden chips, gravel, mulch bark, straw, non-woven fabric, agroeco foil), the seventh field remained uncovered, it was a so-called control field (bare soil) as a comparison to measured values. From the data carried out of the research, individual mulch materials were evaluated each period, comparing their properties, temperature and especially volumetric soil water content. Next, minimum and maximum soil temperature and soil water content were evaluated for all measured variants in both periods.

The highest measured values of volumetric soil water content were achieved by wooden chips and gravel. The most stable mulch material in accordance to volumetric soil water content during the different amount of precipitation was wooden chips in the given period of time. On the contrary, the lowest volumetric soil water content was recorded on the field using the

agroeco film coverage and the most fluctuating volumetric soil water content are values were observed on the control field.

Keywords: mulching, soil water content, sensor TMS4, soil properties

Obsah

1 Úvod	10
2 Cíl práce	11
3 Literární rešerše.....	12
3.1 Vlastnosti půdy.....	12
3.1.1 Základní charakteristika půdy.....	12
3.1.2 Úrodnost půdy	13
3.2 Mulčování	14
3.3 Půdní vlhkost.....	17
3.4 Měření půdní vlhkosti.....	18
3.4.1 Přímá metoda	18
3.4.1.1 Gravimetrická metoda	18
3.4.2 Nepřímé metody	18
3.4.2.1 Odporové	19
3.4.2.2 Kapacitní	19
3.4.2.3 Neutronová	20
3.4.2.4 Gamaskopická metoda	20
3.5 Ovlivnění sensorického měření vlhkosti a teploty půdy.....	20
4 Metodika	21
4.1 Odběr vzorku.....	21
4.1.1 Demonstrační a výzkumná stanice Praha–Trója.....	21
4.1.2 Půdní vlastnosti.....	22
4.2 Analýza vzorku.....	23
4.2.1 Základní fyzikální vlastnosti.....	23
4.3 Metodika laboratorních pokusů	25
4.4 Založení pokusu.....	28
4.4.1 Vlhkostní senzor TMS4.....	29
4.4.2 Omezení.....	30
4.4.3 Měření teploty.....	30
4.5 Používané mulče při pokusu	31
4.5.1 Měření vlhkosti.....	33
5 Výsledky a diskuze.....	34
5.1 Základní fyzikální vlastnosti.....	34
5.2 Základní chemické vlastnosti.....	35
5.3 Vliv mulčovacích materiálů na vlhkost a teplotu půdy	36

6 Závěr.....	44
7 Literatura.....	45
8 Seznam obrázků	49
9 Seznam tabulek	50
10 Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Pro svou bakalářskou práci jsem si vybrala téma: „Vliv mulčování na vlhkost půdy“, abych posoudila působení různých mulčovacích materiálů na půdní vlastnosti, teplotu a vlhkost půdy a také vhodnost jejich využití. Data byla vyhodnocena z dlouhodobého pokusu za období, které je podrobněji specifikováno v samotné práci.

Zkoumání vlivu mulčování na vlhkost půdy je v poslední době stále více aktuálnější, neboť mulčování přináší mnoho výhod nejen ve velkém či středním zemědělství, ale je diskutovaným tématem především u drobných pěstitelů. Jednou z hlavních výhod mulčování je zabraňování růstu plevelů. Neméně důležité je také snížené odpařování vody, díky němuž se snižuje spotřeba vody na zalévání, protože v letních měsících vrstva mulče izoluje půdu od extrémních teplot a napomáhá k růstu.

Tradičně se v zemědělství využívá k mulčování netkaná textilie, sláma a mulčovací kůra. V současnosti se do popředí dostávají i další mulčovací materiály, které mohou mít stejné nebo dokonce i lepší vlastnosti než do té doby hojně využívané materiály. Vlastním zkoumáním budu srovnávat jednotlivé materiály a vhodnost jejich využití.

2 Cíl práce

Cílem práce je v literární rešerši popsat vliv mulčovacích materiálů na vlhkost půdy a jejich výhody či nevýhody v použití různých mulčovacích materiálů z pohledu půdní vlhkosti a růstu rostlin. Hlavním cílem této bakalářské práce je vyhodnotit na základě polního experimentu vlhkost půdy pod různými mulčovacími materiály.

3 Literární rešerše

3.1 Vlastnosti půdy

3.1.1 Základní charakteristika půdy

Půda je nejsvrchnější částí povrchu litosféry, která se vyvíjela v důsledku působení půdotvorných podmínek a faktorů. Je jejím komplexním, polyfunkčním, polyfázovým strukturním systémem (Kozák et al. 2009).

Vývoj půdy zahrnuje tři fáze. Fáze vzniku půdy, evoluci půdy a metamorfózu půdy. Pro vznik je hlavní působení půdotvorných činitelů až do doby, kdy nezíská své typické složení. V evoluci jde o postupnou změnu půdy již zformované za určitý čas a při metamorfóze dochází ke změně půdy vlivem změn charakteru působení půdotvorných faktorů (Jandák et al. 2008).

Půdu tvoří minerální částice o různých velikostech, živé organismy, odumřelé zbytky rostlin, hub, zvířat a organické látky v různém stupni rozkladu. Jde o neobnovitelný zdroj, kdy půdotvorný proces je extrémně pomalý, ovšem degradační procesy půdy mohou působit rychle (Kozák et al. 2009).

Dále je možné půdu rozdělit do dvou pojmů, a to na statickou a dynamickou. Co se týká statického nazírání, jde o neživou směs zvětralých hornin a odumřelých organických zbytků v různých stupních rozkladu. Pro dynamické označení půdy je odkázáno na slova ruského geologa V. V. Dokučajeva, který půdu označil jako povrchové vrstvy jakýchkoliv hornin. Tyto horniny jsou přeměněny v důsledku působení vody, vzduchu a rozličných organismů. Právě on je díky svým vědeckým poznatkům brán za zakladatele moderní vědy o půdě (Jandák et al. 2008).

Z lidského hlediska je půda významná hlavně díky své úrodnosti, právě touto vlastností je odlišována od horniny případně od zvětraliny. Jedná se o schopnost vytvářet podmínky pro růst rostlin. Je to úzce spjato se samotnou existencí lidstva, jelikož z půdy jsou čerpány rostlinné produkty nutné pro obživu. Je tak chápána jako základní výrobní prostředek v zemědělské výrobě, který se v průběhu jejího využití neopotřebovává, pokud je s ním správně nakládáno (Jandák et al. 2008).

3.1.2 Úrodnost půdy

Všeobecně je úrodnost půdy chápána jako schopnost poskytovat nutné podmínky pro život rostlin a edafonů. Úrodnost půdy je dána souborem fyzikálních, fyzikálně chemických, chemických a biologických vlastností půdy. Půda uchycuje rostliny, zásobuje živinami, vodou a vzduchem. Úrodnost půdy je měřena podle výnosů základních plodin, které na ní mohou vyrůst. Výnosová jakost půdy je označována jako bonita. Vlastnost, která je z pohledu bonity podstatná, je její hloubka. Ta je vymezena pevnou horninou nebo jiným typem nepropustného podloží. Na některých místech je hloubka půdy omezena např. vysokou hladinou podzemních vod. Pro pěstování jsou všeobecně lepší půdy hlubší oproti mělkým, jelikož v sobě lépe udrží vláhu a její živiny. Z těch mělkých se vodou živiny snadněji vyplaví a půda tak dříve vyschne. Pokud je o půdu dobře postaráno správným obhospodařováním, zlepšuje se tak její kvalita (Svoboda 2009).

Tím, že se rozrušuje pevná hornina při půdotvorném procesu, dochází ke vzniku půdy. Ta je tvořena pevnou fází (půdní částice) - tj. disperzní podíl, která s kapalnou fází tvoří disperzní prostředí. Jelikož je pevná fáze tvořena minerálními a organickými látkami různého tvaru a velikosti, hovoříme o ní jako o polydisperzním systému. Lineárním rozměrem, kterým je zde používán průměr, se charakterizuje velikost disperzních částic. Částice se mohou vyskytovat ojediněle, nejvíce ale tvoří shluky, tzv. agregáty, které poté tvoří strukturu půdy (Prax et al. 1997).

Jedním ze způsobů, jak zvýšit úrodnost půdy je například chemické hnojení či organická hnojiva. Hnojení je jednou z účinných metod ke zlepšení úrodnosti půdy a mikrobiální aktivity. Chemické hnojení je běžnou polní praxí k udržení produkce potravin v agroekosystémech. Obecně platí, že dlouhodobá aplikace chemických hnojiv snižuje mikrobiální diverzitu, zatímco organická hnojiva pozitivně ovlivňují půdní mikroorganismy (Francioli et al. 2016).

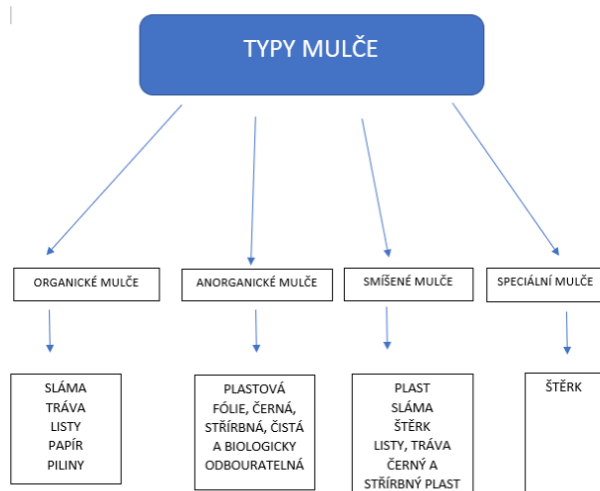
Mezi nejznámější organická hnojiva ekologického zemědělství řadíme hnůj chovných zvířat, zelené hnojivo a kompost. Dalším významným používaným organickým hnojivem dnešní doby je kvasný substrát ze stanic bioplynu. Živočišné látky se směsí rostlinných látek označujeme jako hnůj, jehož kvalita je určena způsobem uložení (Hradil 2013).

Kompost je produkt získaný procesem kompostování a běžně se používá jako organické hnojivo, humus a kondicionér půdy. Kompost je složen ze stabilizované organické hmoty, která slouží k produkci humusu a dodává půdě mnoho živin s velkým obsahem fosforu. Studie několikrát prokázaly, že díky kompostu je rozvíjen edafon a tím je větší úrodnost půdy než s jinými organickými hnojivy, jelikož kompost napomáhá vytvářet půdu (Kalina 2005).

Kompostování je proces aerobního rozkladu odpadu se sníženou koncentrací organických kontaminantů prostřednictvím aktivity mikroorganismů, jehož výsledkem je produkce kompostu, vody, oxidu uhličitého a tepla. Kompostování biologického odpadu představuje několik výhod, jako je sterilizace, stabilizace a redukce odpadních biomas (Chia et al. 2020).

Dalším způsobem, jak můžeme zvýšit úrodnost půdy je mulčování. Mulče jsou k dispozici v různých formách a struktuře. Dodávají základní živiny rostlinám a mohou fungovat jako ochranná vrstva mezi prvkem a půdou. Různé typy mulče jsou široce rozděleny na organický mulč, anorganický mulč, smíšený mulč a speciální mulč viz Obrázek 1.

Mulčování je více prospěšné v teplých a suchých oblastech a oblastech náchylných k suchu, které mění rychlost výparu. Zachování půdní vlhkosti se liší podle typu mulče používaného v různých podmínkách. Vlhkost v půdě pod mulčováním je však významně vyšší ve srovnání s holou půdou (Lamont 2005).



Obrázek 1 Rozdělení druhů mulčovacího materiálu (upraveno podle Thakur et al. 2021).

3.2 Mulčování

Mulč, z anglického slova mulch možno přeložit jako „nastýlka“, je mezinárodní označení povrchu půdy nejen organickým materiálem, ale také například štěrkem a dalšími různými druhy fólie. Za organický materiál můžeme označit například slámu, listy, posekanou trávu, rostlinný odpad, kůru, ale také i ty méně přirozené materiály jako např. koberce z přírodních materiálů, tzn. bez příměsí umělých vláken, gumy a pojidel, či kartonové krabice. V zahradnictví se dává přednost dřevní štepce nebo štěrku. Každý z těchto materiálů má specifický účinek na půdu.

Mulčovací materiál je důležité používat co nejčastěji a v co nejvyšší vrstvě. Doporučená vrstva je přibližně 10 až 15 cm. Záleží však na druhu mulče, jelikož to poté ušetří práci a umožní vznik nových rostlin. Pokud je totiž vrstva mulče slabá, nahoře by byla vlhká a mohlo by docházet k vyklíčení plevelů, což je pro půdu nežádoucí. Mulčovací materiály, které jsou vhodné pro zabránění růstu plevelů, jsou – kompostovaná stromová kůra, piliny, borovicové jehličí, sláma, seno, rašelina, listovka, důkladně zetlelý hnůj, tráva ze sekačky, zbytky hub nebo také písek, štěrk, natrhaný papír či kameny (Flowerdew 2010).

Zde je však důležité myslet na rozložitelnost materiálu, kdy se z rozložitelných plastových fólií, netkaných textilií či starých syntetických koberců mohou do půdy dostat vyluhováním některé rizikové prvky. Z tohoto důvodu jsou tyto materiály do ekozahrad nevhodné, nehledě na to, že škodlivá je již jejich samotná výroba. V přírodě je mulč považován za neškodný a rozložitelný na humus (Svoboda 2009).

Mulčování je přirozenou součástí koloběhu živin. Jde o modifikaci soustavy pěstitelských opatření u travních porostů, v níž dochází k zachování ekologické stability, a to i v případech, kdy nedochází k využití travních porostů pícninářsky (Kohoutek et al. 1998). Je to přirozený proces přírody, který je běžně pozorovatelný všude kolem nás – ze stromů opadává listí a zůstává pod stromem, na podzim odumře tráva a zůstane na stejném místě (Svoboda 2009).

Co se týká výhod, které mulč poskytuje, je možno zmínit několik bodů. Pokrytím půdy mulčem můžeme velmi přispět ke snížení výparu z půdy a prodloužení zbytkového účinku. Mulče jsou dále schopny poskytnout organický pojivový materiál, čímž je tak možno napomoci herbicidům přetrvat v půdě (Siczek & Frac 2012). Mulče je využíváno v záhonech pro potlačování plevelů (Debalina et al. 2019).

Další výhodou mulčování je například zlepšení zakládání a růst okrasných rostlin. Je prokázáno, že zlepšením retence vody a snížením růstu plevelu dochází v mulčovaných krajinných záhonech ke zvýšení růstu kořenů okrasných rostlin (Scott 2007). Mulčování chrání půdní povrch před vysycháním, snižuje tak potřebu zavlažovat. Mulčování vytváří ideální mikroklima pro půdní život a kořeny rostlin (Svoboda 2009).

V průběhu prvního rozkladu mulče je totiž uvolňováno malé množství živin, které je důležitým faktorem pro rostliny v prvních fázích vývoje porostu (Ševčíková et al. 2007).

Rozklad mulče na humus pomáhá tak k vytvoření nové zeminy. Je to ideální forma pro recyklaci rostlinných odpadů a zbytků. Díky svým vlastnostem ušetří spoustu namáhavé práce, která je spjata s udržováním ploch mezi rostlinami (Svoboda 2009).

Dalším ovlivňujícím faktorem je velikostní frakce (zrnitost) mulčovacího materiálu. Čím větší je velikostní frakce materiálu, tím vyšší musí být jeho vrstva. Všechny mulčovací materiály je potřeba alespoň jednou do roka prohrabat a dovršit. V mulči by se neměly zasemenit žádné rostliny, které by způsobily do budoucna problémy (Flowerdew 2010).

Po řadě výhod má ovšem mulč také své nevýhody. V začátcích mulčování je někdy těžké sehnat a dopravit dostatek materiálu na větší plochy. Je důležité si uvědomit, že místo odvázení organického odpadu ze zahrady je potřeba ho naopak začít přivážet. Na místech špatně zamulčovaných a v okolí rostlin zpočátku nějaký plevel poroste (např. svlačec, pýr nebo kopřivy). Může se také objevit větší populace hlodavců či slimáků (Svoboda 2009).

Podstatou je, aby nahromadění travní biomasy nenarušilo strukturu porostu a rozklad, který poté následuje, nijak neohrozil podzemní vody dusičnany (Fiala et al. 2008).

Plastové mulčování snížilo rychlost odpařování z povrchu půdy a následně snížení spotřeby vody. Papírové mulčování díky zachování půdní vlhkosti a snížení teploty půdy poskytlo lepší podmínky, zatímco plastové mulčování zlepšilo účinnost využití vody. Proto se plastové mulčování provádí při snižování spotřeby vody v půdě a zvyšování účinnosti využití vody, zatímco papírový mulč byl vhodný pro zachování půdní vlhkosti a změny teploty, které zvyšovaly výnos plodin (Moreno et al. 2008).

Výzkumy z předešlých let ukázaly, že odpařování půdy za stálých vnějších podmínek nastává obvykle ve dvou fázích. Když je půdní vlhkost vysoká, je rychlost vypařování vysoká a relativně stabilní. Při nižší vlhkosti půdy se rychlost vypařování snižuje. Protože všechna ošetření používala ve výzkumu stejnou tloušťku 10 cm nasycené půdy, mulčované půdy bez ohledu na tloušťku vrstvy a velikosti zrn vykazovaly během experimentu konstantní rychlost sušení (Diaz et al. 2005).

Kumulativní výpar v holých půdách, kde mulč nebyl přítomen, byl výrazně vyšší než v mulčovacích půdách bez ohledu na to, kolik šterkového mulče bylo použito. Rozdíly v kumulativním odpařování v různých úpravách tloušťky mulče byly významné. Odpařování klesalo se zvyšující se tloušťkou šterkové vrstvy mulče, což bylo v souladu s nálezy jiného předchozího výzkumu (Diaz et al. 2005).

Použití šterku a písku jako mulčovacího materiálu byla častá domorodá zemědělská technika pro rostlinnou výrobu před více než 300 lety ve sprašové oblasti v severozápadní Číně. Cílem studie Státní laboratoře procesů povrchu Země a ekologie zdrojů v Pekingu bylo zjistit vliv mocnosti a textury písku a šterku mulčovacích vrstev na zásobu vody v půdě. Experiment se skládal ze třech běžně používaných typů mulčovacího šterku, a to oblázkového, smíšeného oblázkového a písku. Každá varianta měla tři opakování. Výsledky ukázaly, že šterk a písek byly účinnější při zachování vody v půdě ve srovnání s holou půdou. To může zvýšit rychlost infiltrace vrstvy ornice, soustředit nadzemní tok a zpomalit jej zvýšením drsnosti. Kromě toho varianta se smíšenými oblázky a pískovým mulčem šetrila více vody než varianta pouze s oblázky nebo jemným pískem, což lze přičíst velikosti zrna a třídění (Pérez 2000, Weaver 1919).

U jemného pískového mulče měla modální velikost pórů blízko velikosti podkladové půdy a byla bohatá na prach a jíl, někdy se na povrchu vytvořila půdní krusta, takže hydraulická vodivost a míra infiltrace byla nižší (Simunek et al. 1998). Výsledky mulčování závisí jak na druhu rostliny, tak i na hloubce mulče a podmínkách, ve kterých se nachází (Hild & Morgan 1993).

Na ochranu plodiny před horkým létem a využití dešťových srážek pro její pěstování je rozhodující výběr vhodného mulčovacího materiálu. Pro optimální produkci plodiny byly zkoumány režimy vlhkosti půdy a teploty, jakož i účinnost využití vody plodinou na slámě, trávě, papíru, plastu a holé půdě. Mulčování probíhalo za podmínek deště na univerzitě Gifu v Japonsku. Ošetření mulčováním ve srovnání s kontrolou snížilo teplotu půdy o 2 °C v hloubce 5 cm a o 0,5 °C v hloubkách 15 a 25 cm. Plastové mulčování a slámové mulčování ukládalo nejvyšší množství půdní vlhkosti v hloubkách 5 a 15 cm, v holé půdě bylo uloženo nejnižší množství. V hloubce 25 cm byl obsah půdní vlhkosti nejvyšší u papírového mulče, ale pod ostatními mulčemi neměnný (Mohammad et al. 2017).

Obsah vody v půdě se zvyšuje s tloušťkou mulčovacích vrstev. Předchozí studie uvádějí, že větší vrstva mulče má tendenci snižovat odpařování více než vrstva tenčí. Nicméně existuje určitá prahová hodnota tloušťky mulčování, aby se zabránilo nadměrnému zachycení vody. Mulče zachovávají skladování vody v půdě hlavně na jaře před integrací vegetace a po stříhání travlek (Pavlů et al. 2020). Přírodní mulče pomáhají udržovat půdní organickou hmotu a poskytují zdroj potravy a životní prostor pro půdní biotu (Doran 1980). Obilná sláma je nejběžnějším organickým mulčovacím materiálem, který je preferován pro všechny typy plodin (Kasirajan & Nqouajio 2012). Přírodní mulče neposkytují postačující kontrolu plevelů, jelikož mohou nést semena plevelů. V jarním období často dokáží zpomalit oteplování půdy. Uvádí se, že přírodní mulče snižují teplotu půdy a odpařování (Kader et al. 2017 b). Přírodní mulče účinně snižují erozi půdy vodou (Pavlů et al. 2020). Mulčování se používá také pro změnu vodního režimu půd. Snižuje potřebu závlahy a redukuje ztráty vody vypařováním až o 10-50 %.

Mulčování kryje půdu, čímž zabraňuje částečnému odpařování rosy, která je z půdního vzduchu, ale i atmosféry a tím zároveň zabraňuje i vysychání půdy. Mulč je dále i výborná izolace půdy, chrání půdu před vysokými teplotami (Campbell 2001).

3.3 Půdní vlhkost

Půdní vlhkost je klíčovým faktorem ovlivňujícím růst rostlin, což je důležitý parametr a ukazatel pro sledování sucha a degradace půdy ve vyprahlých oblastech (Schneider et al. 2008). Půdní vlhkost je základní ekologickou, hydrologickou a klimatickou proměnnou (Seneviratne et al. 2010).

Půdní vlhkost znamená nezbytný zdroj vody pro evapotranspiraci povrchu půdy a růst vegetace. Půdní vlhkost hraje významnou roli v povrchových vodních a energetických cyklech půdy tím, že řídí rozdělení dostupné energie na latentní a citlivé toky a rozdělení srážek na povrchový odtok a infiltraci. Proto je půdní vlhkost klíčovým parametrem v celé řadě aplikací, jako je zemědělská produkce (Dobriyal et al. 2012), monitorování a predikce sucha (AghaKouchak et al. 2015 ; Sun et al. 2020), řízení vodních zdrojů (Robinson et al. 2008), předpověď počasí (Dai et al. 2004) a změna klimatu (Anderson et al. 2007).

Půdní vlhkost kořenové zóny není však pravidelně monitorována, a to i přes její význam. Nedostatek pravidelného monitorování vlhkosti půdy je v zásadě problémem měření. Je velmi obtížné pozorovat půdní vlhkost s jemným prostorovým a časovým rozlišením, zatímco pokrývá celou sledovanou oblast zájmu. Stále jsme omezeni technologií, a to buď prováděním podrobných pozorování (ve vhodném rozlišení) v několika bodech pomocí měření in situ, nebo shromažďováním regionálních pozorování (při příliš hrubém rozlišení) po celé studované oblasti s dálkovým snímáním. Na druhé straně v důsledku heterogenity vlastností půdy, topografie, krajinného pokryvu, evapotranspirace a srážení je obsah půdní vlhkosti v trojrozměrném prostoru a čase velmi variabilní (Engman, 1991; Wood et al. 1992).

Vysoká variabilita půdní vlhkosti omezuje užitečnost obou metod pozorování. Například zatímco měření in situ mohou poskytnout poměrně přesné odhady vlhkosti půdy v bodovém měřítku, je obtížné extrapolovat tyto hodnoty na jiné body a oblasti. Několik studií naznačilo, že korelační délka půdní vlhkosti je tak nízká, že je prakticky nemožné, aby měření in situ přesně popisovala její prostorové rozložení (Huisman et al. 2001). Navíc měření in situ jsou obvykle doprovázena značnými nejistotami (Sheikh 2006).

Voda se v půdě vyskytuje již od zanedbatelného množství v suché půdě až po množství, ve kterém zcela zaplní půdní póry v mokré půdě. Poměr vody v pevné fázi je vyjádřen hodnotami objemové nebo hmotnostní vlhkosti. Základní kvantitativní charakteristikou vztahu půdy a vody pro daný okamžik je momentální vlhkost půdy.

Hmotnostní vlhkost půdy je zjišťována u porušeného vzorku půdy a je popsána vztahem:

$$w = m_w / m_v \quad [g \ g^{-1}] / *100 [\%]$$

kde m_w je hmotnost půdní vody ve vzorku a m_v je hmotnost zcela vysušeného vzorku. Hmotnost suchého vzorku se zjistí vysušováním vzorku při 105 °C do konstantní hmotnosti.

Objemová vlhkost půdy je určena u neporušeného vzorku a stanoví se pomocí vztahu:

$$\theta = V_w / V_v \quad [\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}] / *100 [\%]$$

kde V_w je objem vody v půdním vzorku a V_v je celkový objem neporušeného vzorku.

Co se týká optimální vlhkosti půdního složení, téměř ve všech půdních mikroorganismech se pohybuje v rozmezí 50-80% polní vodní kapacity. V sušším prostředí půdy dochází k namnožení aktinomycetů a plísní. Vzhledem k většině organismů je půdní vzduch využíván k dýchacím procesům a vyžaduje tak vyšší podíl vlhkosti půdního vzduchu 90-100 % (Jandák 2008).

3.4 Měření půdní vlhkosti

Vlhkost půdy lze zjistit podle různých hledisek. Jedná se o stanovení podle místa použití, tj. na laboratorní a terénní. Dále podle odběru vzorku na destruktivní a nedestruktivní. Pokud při měření nedojde k porušení celistvosti půdního profilu, jedná se o metodu nedestruktivní (Jandák 2008).

V neposlední řadě je stanovení podle způsobu měření vlhkosti rozdělené na metody přímé a nepřímé (Kozák 2009).

3.4.1 Přímá metoda

Základní metoda měření obsahu vody v půdě.

3.4.1.1 Gravimetrická metoda

Neboli metoda vážková je brána jako jedna z nejvíce používaných. Princip spočívá ve stanovení půdní vlhkosti navážením vlhkého a vysušeného půdního vzorku. Přesnost gravimetrické metody je závislá na přesnosti vážení a na definici pojmu vysušený stav půdy.

Pokud se jedná o půdy s vyšším obsahem organických látek, je zde dosažení tohoto stavu obtížnější. Co se týká minerálních půd s malým obsahem humusu, vzorek se vysušuje při teplotě 105 °C do konstantní hmotnosti.

3.4.2 Nepřímé metody

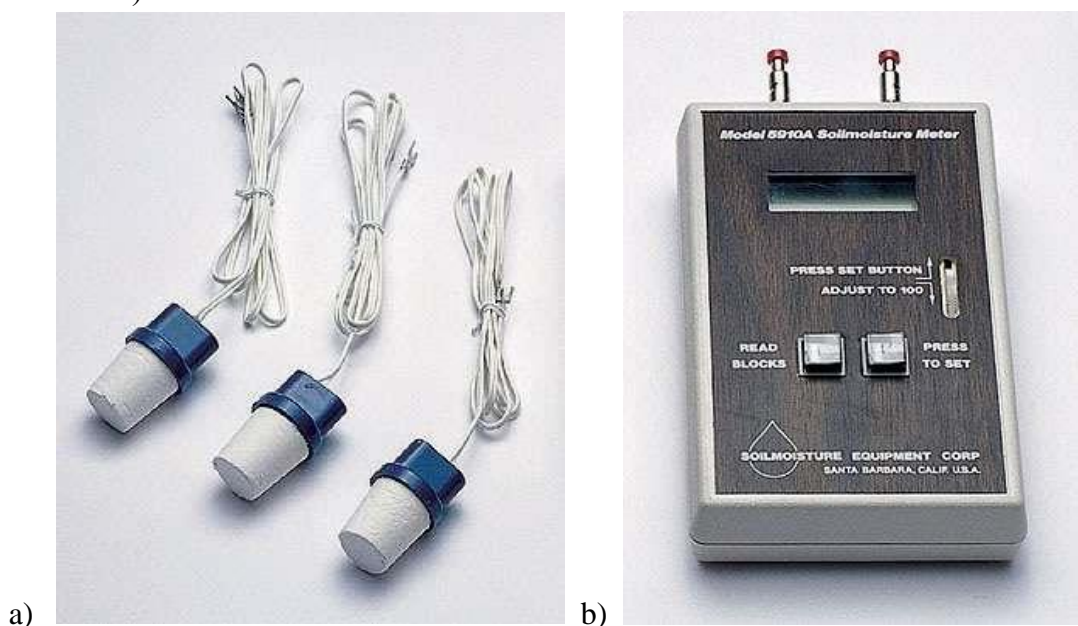
Použitím nepřímých metod se za pomoci senzorů stanoví obsah vody v půdě. Na obsahu půdy jsou přímo závislé senzory, které měří měřitelné proměnné a podle nich se poté určuje vlhkost půdy (Evelt & Parkin 2005).

Pro správné vyhodnocení měřených dat je potřeba kalibrace senzorů. Kalibrace je soubor procesů, kterými se za specifikovaných podmínek stanoví vztah mezi hodnotami. Hodnoty jsou dány výstupem z přístroje a vlhkostními hodnotami.

Převážné množství přístrojů v sobě zahrnuje kalibrační křivku, ta nám sděluje citlivost a rozsah měření. Spolehlivější výsledky však poskytuje specifická kalibrace, než kalibrace dodaná výrobcem (Seyfried & Murdock 2004).

3.4.2.1 Odporové

Také označovány jako elektrometrické, využívají závislost elektrické vodivosti na vlhkosti půdy. Pro půdy písčité je méně vhodná, ale vyhovuje středním oblastem vlhkosti půd. Je citlivá na změny teplot. Lze ji využít jako kovové elektrody umístěné v sádrových či nylonových bločcích, které je podstatné mít umístěny ve vodivém styku s půdou. Zde je nezbytné mít předem připravenou kalibrační čáru pro každou sérii čidel a půdní prostředí (Jandák 2008).



Obrázek 2 (a) Sádrové bloky Soilmoisture 5201F1, (b) Čtecí jednotka Soilmoisture 5910F1 (www.ekotechnika.cz).

3.4.2.2 Kapacitní

Spočívají v měření změn poměrné permitivity, tj. dielektrické konstanty. Tuhá fáze má hodnotu permitivity řádově jednotek, plynná se pohybuje v hodnotách cca 1 a tekutá fáze při konkrétní teplotě 18 °C má hodnotu poměrné permitivity 81. Pro stanovení měření se využívá dvou metod, a to rezonanční kapacitní vlhkoměr (RKV) a TDR (time domain reflektometry).

Rezonanční kapacitní vlhkoměr naměřuje rezonanční frekvenci pasivního LC obvodu. Ten je tvořen konstantní indukčností a kapacitou s dielektrikem, jímž je měřeno půdní prostředí. TDR je metoda spočívající v měření postupné rychlosti elektromagnetické vlny o vysoké frekvenci podél dvou případně tří transmisních tyčí zabudovaných rovnoběžně do půdního prostředí (Kozák 2009).

3.4.2.3 Neutronová

Vlivem srážek s jádry atomů jsou neutrony o vysoké energii zpomalovány. Vodík je považován za nejúčinnějšího moderátora rychlých neutronů. V důsledku malého množství vodíku v minerální fázi, lze změřením koncentrace termalizovaných neutronů určit obsah vody v půdě. Neutronová metoda je využívána pro terénní měření půdní vlhkosti, kde je spouštěn zdroj rychlých neutronů zároveň s detektorem pomalých neutronů do připraveného měřiče, tj. sonda vystrojená kovovou pažnicí o malém průměru kolem 5 cm. V praxi je tato metoda označována za velice rozšířenou a provozovanou (Jandák 2008).



Obrázek 3 Model 4300 Soil Moisture Gauge (www.troxlerlabs.com).

3.4.2.4 Gamaskopická metoda

Principem metody je zeslabení nebo rozptyl gama záření v závislosti na množství částic obsažených v půdě a půdní vlhkosti. Určité přístroje jsou schopny současně stanovit i objemovou hmotnost půdy (Kozák 2009). Dále je tuto metodu možno použít pro přesnost v laboratorním měření.

3.5 Ovlivnění senzorického měření vlhkosti a teploty půdy

Co se týká fyzikálních vlastností, jde zejména o teplotu, pórovitost, specifickou hmotnost půdy a zrnitost. Některé z těchto faktorů mohou ovlivňovat měření vlhkosti půdy (Topp et al. 2000).

Pro určité typy senzorů pro měření vlhkosti půdy je zapotřebí přímý kontakt s půdou, který ovšem není možný v půdách, které obsahují větší množství skeletu či vyšší obsah pórů (Wild et al. 2019). Kontakt senzorů s půdou je možné ovlivnit i přítomností kořenů rostlin nebo faunou (Visconti et al. 2014).

Funkčnost senzorů je založena na principu dielektrických metod, které mají teplotní limity, při kterých jsou schopny přesně stanovit hodnoty měření. Mohou být ovlivněny teplotami negativními, menšími než je 5 °C nebo vyššími, a to více než 40 °C (Merlin et al. 2007; Wraith & Or 1999).

Některé senzory nejsou schopny naměřit vlhkost v příliš písčítých půdách, jelikož dochází k rychlému vsakování do profilu půdy. Písčité půdy jsou problém zejména při stanovení vlhkosti za pomoci sádrových bločků a senzorů GMS (Muños-Carpena 2018).

Vlivem měření obsahu vody v půdě senzory, které fungují na elektromagnetickém principu, může dojít k tzv. dielektrickým ztrátám (Topp et al. 2000).

Jako vodič zde působí půda za přítomnosti iontů, které se vyskytují v elektromagnetickém poli. Půdní vodivost je ovlivněna zejména dvěma paralelními vodiči. Právě těmito vodiči jsou ionty naplněny vodou uvnitř půdních pórů a ionty ve dvojité difúzní vrstvě půdními částicemi (Rhoades et al. 1999). V případě, že jsou dielektrické ztráty v souvislosti se salinitou půdy, jsou způsobeny zdánlivou elektrickou vodivostí. Tyto ztráty mohou být také způsobeny obsahem jílových částic v půdě, kdy poté dochází k Maxwell-Wagnerovým ztrátám a k vodním dielektrickým ztrátám (Rhoades et al. 1999).

Na ovlivnění měření vlhkosti salinitou půdy se podílí i frekvence, která je používána dielektrickými senzory pro měření půdní vlhkosti. Senzory používající se s frekvencí v rozmezí 1-200 MHz mohou být ovlivněny právě i salinitou půdy (Rhoades et al. 1999). Těchto frekvencí je využíváno ve většině kapacitních senzorů.

Senzory, které fungují na principu dielektrické metody TDR, měří obsah vody v půdě ve frekvencích vyšších než 500 MHz. Pomocí těchto senzorů nejsou tak výsledky měření půdní vlhkosti ovlivněny běžnou salinitou půdy (Muños-Carpena 2018).

4 Metodika

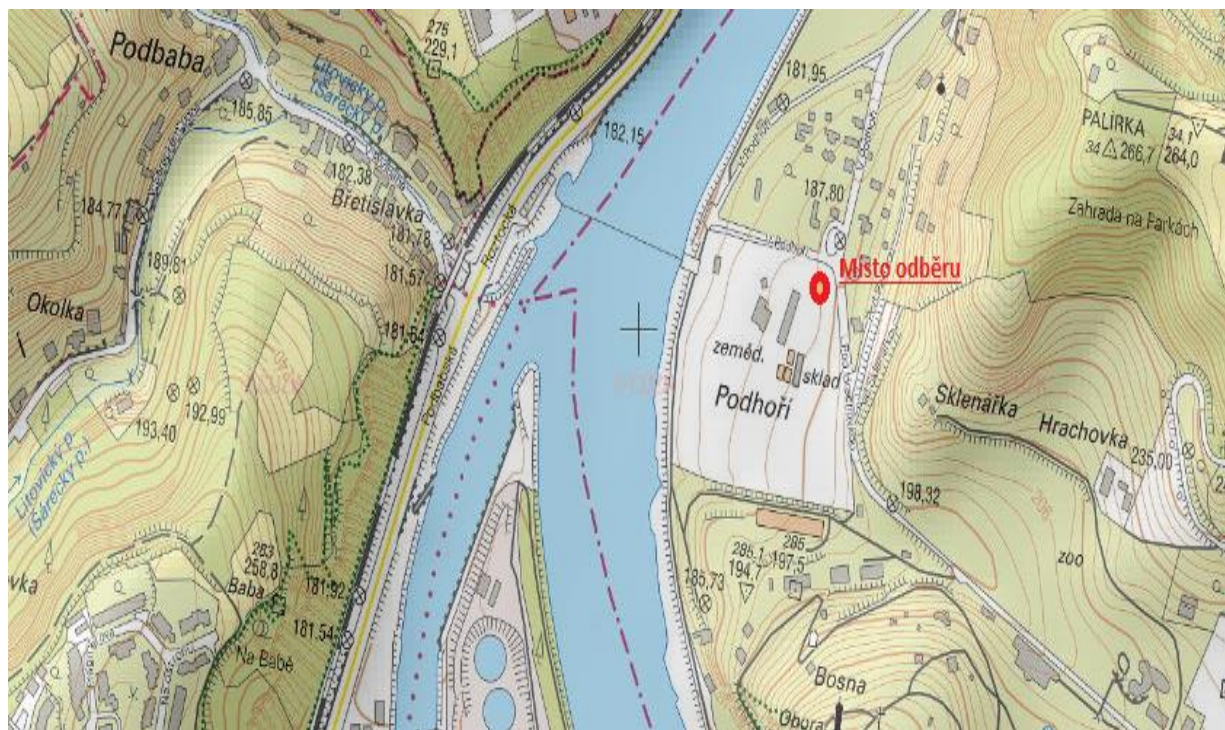
4.1 Odběr vzorku

4.1.1 Demonstrační a výzkumná stanice Praha–Trója

Pro potřeby splnění cílů mé bakalářské práce bylo vybráno území demonstrační a výzkumné stanice Praha-Trója, ulice pod Hrachovkou 814/17, Praha 7, spadající pod katedru zahradnictví fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České zemědělské univerzity. Pozemek se nachází na mírném svahu v pravém rohu řeky Vltavy. Přesnými souřadnicemi pro tuto oblast jsou 50°7'17.893"N, 14°23'59.019"E s nadmořskou výškou 196 m. Nejenže je tato stanice důležitá jako experimentální místo pro výzkum, ale je také významná v oblasti zahradnictví či v dalších oborech fakulty.

Jako hlavní důvod, díky kterému bylo vybráno toto zájmové území, byl právě probíhající experiment mulčovacího materiálu na půdní vlastnosti, hydraulické vlastnosti a vlhkost půdy katedry zahradní a krajinné architektury a katedry pedologie a ochrany půd. Pro měření půdní vlhkosti se při tomto experimentu využívalo od roku 2015 až 2018 senzorů TMS-3 a od roku 2018 také senzory TMS-4. V této BP jsou použita data z novějšího senzoru TMS-4.

Půdním typem, který se na daném území vyskytuje, je typ fluvizem, subtyp modální. Takový typ půd se vytváří v nivách potoků a řek z povodňových sedimentů (Němeček et al. 2011). Právě toto souhlasí s lokalitou zájmového území, které se vyskytuje v nedaleké blízkosti od řeky Vltavy, jak můžeme vidět na Obrázku 4.



Obrázek 4 Mapa místa odběru (geoportal.gov.cz).

4.1.2 Půdní vlastnosti

Pro detailní popis studovaného území byly odebrány porušené vzorky a neporušené půdní vzorky pro analýzu základních půdních vlastností.

Na pozemku byl odebrán porušený půdní vzorek pro potřeby kalibrace. Porušený půdní vzorek byl následně použit ke stanovení základních chemických a fyzikálních vlastností. Dále byly odebrány i neporušené půdní vzorky, a to pomocí Kopeckého válečku o objemu 100 cm³. Válečky se díky odběrové hlavě a palici zatlačily do půdy tak, aby nedošlo k porušení půdní struktury. Následně se válečky vyndaly z půdy, horní i dolní okraje byly seříznuty a opatřeny víčkem. Válečky byly vloženy do igelitového sáčku a v chladicím boxu převezeny do laboratoře. Po převozu do laboratoře byl porušený půdní vzorek vysušen na vzduchu, očištěn od kořenů, kamenů a listů. Nakonec byl připraven standartním způsobem pro analýzy, a to rozemlet a přesát přes síto o průměru ok 2 mm.

4.2 Analýza vzorku

Základní chemické a fyzikální vlastnosti půdy byly určeny pomocí základních standardizovaných laboratorních metod při stejnoměrné teplotě 20 °C.

4.2.1 Základní fyzikální vlastnosti

Zrnitost byla naměřena podle Novákovy metody. Tato metoda klasifikuje procentuální zastoupení půdních částic, které jsou menší než 0,01mm. Půdní druhy jsou charakterizovány sedmi frakcemi. Klasifikace půdních druhů jsou zobrazeny v Tabulce 1.

Tabulka 1 Klasifikační stupnice zemin dle Nováka (Jandák et al. 2008).

% obsah částí < 0,01 mm	označení frakce (zkratka)	označení druhu půdy
< 10%	písčítá (P)	lehká půda
10 – 20 %	hlinitopísčítá (HP)	lehká půda
20 – 30 %	písčitohlinitá (PH)	středně těžká půda
30 – 45 %	hlinitá (H)	středně těžká půda
45 – 60 %	jílovitohlinitá (JH)	těžká půda
60 – 75 %	jílovitá (JV)	těžká půda
> 75 %	jíl (J)	těžká půda

Měrná specifická hmotnost půdy

Hmotnost jednotkového objemu pevné fáze půdy bez pórů se nazývá měrnou hmotností (ρ_z). Jedná se o pevné částice, které dokonale vyplňují daný prostor. Můžeme ji označovat i jako poměrné číslo udávající nám, kolikrát je dané množství zeminy vysoušeno při teplotě 105 °C těžší, než je stejné množství objemu vody při 4 °C. U minerálních orných půd je průměrná hodnota v rozmezí 2,5 – 2,7 g. cm⁻³, která je zjišťována pyknometricky. Záleží zde však na množství podílu humusu, kdy větší podíl hodnotu snižuje, a naopak obsah těžkých minerálů zvyšuje (Prax 1997).

Měření probíhalo pomocí pyknometru. Ten byl naplněn až po okraj destilovanou vodou a otevřený byl temperován na teplotu 20 °C. Vytemperovaný pyknometr byl poté uzavřen a zvážen (P_{H_2O}). Dále byl připraven vzorek půdy. Bylo naváženo 10 g půdy, navážka byla zapsána. Ve varné misce byl vzorek půdy vařen, aby došlo k rozbití malých agregátů na individuální částice zeminy. Následně byl vychlazený vzorek kvantitativně převeden do prázdného pyknometru, znovu doplněn destilovanou vodou a otevřený byl temperován na 20 °C. Nakonec byl pyknometr zavřen a zvážen (P_z).

Specifická hmotnost půdy byla stanovena podle následující rovnice:

$$\rho_z = (N_z \cdot \rho_v) / (N_z + PH_2O - P_z) \quad [g \text{ cm}^{-3}]$$

kde N_z je navážka půdy (g), ρ_v je hustota vody (1 g cm^{-3}), PH_2O je váha pyknometru s destilovanou vodou (g) a P_z je váha pyknometru se suspenzí půdy (g).

Pórovitost

Půdní póry jsou nedílnou součástí půd. Lze je charakterizovat jako zásadní složku objemového uspořádání půdy. Jako pórovitost je nazývána ta část půdy, ve které se nevyskytují pevné částice, ale je v ní obsažena půdní voda a vzduch (Bedrna et al. 1988).

Objem pórů v půdě k celkovému objemu půdy je označováno jako pórovitost. Póry jsou vyznačovány různými tvary a velikostmi, které se stále mění, například póry o velikosti v šířce 1 mm se mohou zmenšit do velikosti pouhého mikrometru (Kutílek 1978). V poměru vodní a vzduchové části pórů je velice důležitá veličina, jelikož neustále dochází k jejím změnám díky pohybu vody a vzduchu v půdě. Při tomto pohybu také dochází i ke změně celkového objemu půdy. Póry rozlišujeme na dva typy, a to na kapilární a nekapilární.

Kapilární neboli vláskovité póry, jsou o velikosti menší než 0,2 mm. Póry nekapilární jsou větší než 0,2 mm (Bedrna et al. 1989). Dalším typem pórů, se kterými je možné se setkat, jsou biopóry. Biopóry vznikají při průchodu žíhal půdou, pod tlakem kořenů rostlin, nebo celkovým působením přímým vlivem mikrofauny a flóry. Póry nacházející se mezi agregáty mají nejčastěji velikost 10-200 μm , pokud je půda dobře agregovaná až 1 mm. Těmto pórům se říká makropóry. Dalším typem jsou ještě mikropóry, což jsou póry podstatně menší uvnitř agregátů s velikostí 0,2-10 μm (Kutílek 1978).

Celková pórovitost (P) popisuje podíl pórů ve vzorku. Podle pórovitosti je možné zhodnotit ulehlost půdy. Její hodnota se pohybuje v rozsahu cca 40–50 %.

Pórovitost lze určit pomocí rovnice:

$$P = (\rho_z - \rho_d) / \rho_z * 100 [\%]$$

kde ρ_z je specifická hmotnost půdy (g cm^{-3}) a ρ_d je objemová hmotnost půdy (g cm^{-3}) (Zbiral 2002).

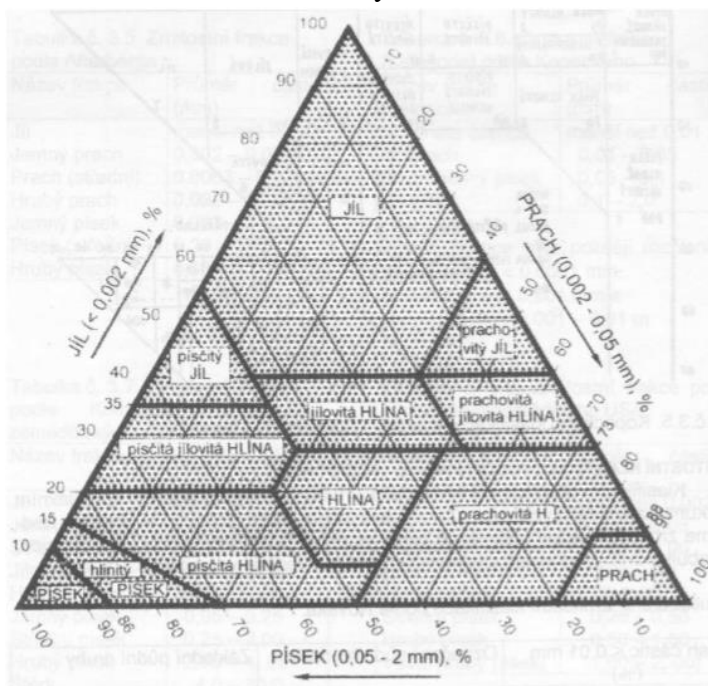
Zrnitostní složení

Zrnitost půdy či textura půdy, je souhrn tvaru, velikosti a zastoupení půdních zrn v horizontu (Špička 1964). Rozdělení půd podle zrnitosti patří k nejstarším klasifikačním systémům na světě (Kutílek 1978). Zrnitost půdy je považována za jednu z nejdůležitějších fyzikálních půdních vlastností, které značně ovlivňuje velké množství procesů. Jako je průběh infiltrace a poměr vody a vzduchu v půdě, poměr kapilárních a nekapilárních pórů, složení a obsah organických složek půdy, velikost povrchové plochy a energie.

Svůj vliv má v adhezi a kohezi půdy, ale i na celé fyzikálně-chemické a biochemické procesy v půdě (Prax et al. 1997).

Složení zrnitosti je určeno podílem zastoupení částic o různých velikostech neboli frakcí v jemnozemi. Díky tomuto zastoupení jednotlivých frakcí je dále u půdního vzorku nutno určit půdní druh. Ten je určován v průřezu jednotlivých zrnitostních frakcí (Vopravil 2011).

V České republice je využívána klasifikace podle Nováka pro vyhodnocení půdní zrnitosti, jež člení půdu podle procentuálního obsahu částí půdy velikostí menší než 0,01 mm do sedmi frakcí, které charakterizují druhy půd. Dále se používá trojúhelníkový diagram zrnitosti půd dle taxonomického klasifikačního systému, viz. obrázek 5.



Obrázek 5 Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd dle taxonomického klasifikačního systému (www.nrcs.usda.gov)

4.3 Metodika laboratorních pokusů

Stanovení pH

Měření výměnného i aktivního pH bylo provedeno podle normy ISO 10390:2005 za pomoci skleněné elektrody. Jedno měření, tedy měření aktivní půdní reakce pH, bylo provedeno v suspenzi půdy v H₂O v poměru 1:2,5 objemu. Výsledky byly vyhodnoceny dle kritérií Tabulky 2. Druhé měření potencionální půdní reakce pH proběhlo v roztoku chloridu draselného o koncentraci 1 mol l⁻¹ v poměru 1:2,5, znázorněné v Tabulce 3. Výsledky z obou měření byly následně zjištěny potenciometricky s pomocí zařízení pH-metru inoLaB Level 1.

Tabulka 2 Hodnotící stupnice pro pH (H₂O) (Zbíral 2002).

pH (H ₂ O)	hodnocení
<4,9	silně kyselá
4,9 - 5,9	kyselá
5,9 - 6,9	slabě kyselá
6,9 - 7,1	neutrální
7,1 - 8,0	slabě alkalická
8,0 – 9,4	alkalická
>9,4	silně alkalická

Tabulka 3 Hodnotící stupnice pro pH (KCl) (Zbíral 2002).

pH KCl	hodnocení
<4,5	silně kyselá
4,5 - 5,5	kyselá
5,5 - 6,5	slabě kyselá
6,5 - 7,2	neutrální
> 7,2	alkalická

Salinita

Kvantitativní určení elektrické vodivosti neboli salinity bylo provedeno ve vodném extraktu. Do PVC lahve bylo odměřeno 10 g půdy a společně v 50 ml destilované vody byl roztok smíchán ve třepačce. Poté byl přes filtrační papír roztok přefiltrován a z tohoto filtrátu byla naměřena konduktometrem specifická vodivost. Hodnota salinity v půdě nezasolené se běžně stanoví v jednotkách $\mu\text{S cm}^{-1}$ (Rhoades 1999). Výsledky byly vyhodnoceny dle Tabulky 4 .

Tabulka 4 Hodnotící tabulka pro stanovení salinity (Zbíral 2002).

salinita ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	půdy
do 30	minimální zasolení
30–60	půda bez negativních účinků solí
60–120	zvýšené zatížení solemi
nad 120	vysoké zatížení solemi

Oxidace organického uhlíku (C_{ox})

Byl změřen pomocí standardizované laboratorní metody dle (Skjemstad & Baldock 2008). V prostředí kyseliny sírové byl uhlík organické hmoty zoxidován kyslíkem dvojchromanu draselného. Titrací Mohrovou solí bylo určeno nespotřebované množství chromsírové směsi. Poměr zeminy k chromsírové směsi v připravené navážce byl 0,2 g na 10 ml. Směs byla vložena do sušárny a sušena při teplotě 125 °C po dobu 45 minut. Poté bylo změřeno množství organického uhlíku s použitím Pt elektrod při titraci Mohrovou solí, a to až do permanentní výchylky na galvanometru, nazývané mrtvý bod. Vyhodnocení výsledků bylo provedeno pomocí výsledků z Tabulky 5 (Zbiral 2002).

Tabulka 5 Hodnotící stupnice pro stanovení množství organického uhlíku a humusu (Zbiral 2002).

C_{ox} (%)	humus (%)	označení obsahu
< 0,6	< 1,0	velmi nízký
0,6 - 1,1	1,0 - 2,0	nízký
1,1 - 1,7	2,0 - 3,0	střední
1,7 - 2,9	3,0 - 5,0	vysoký
> 2,9	> 5,0	velmi vysoký

Obsah půdních uhličitánů ($CaCO_3$)

Byl změřen pomocí metody volumetrické kalibrace. Díky zředěné HCl byly v půdě rozkládány uhličitany, výsledné množství CO_2 bylo poté stanoveno volumetricky v Jankově vápnoměru. Nejdříve byl naplněn destilovanou vodou v obou trubicích. Poté byl do vyvíjecí nádoby vzorek navážen o hmotnosti 220 g. Zásobník byl doplněn 15 ml zředěné 10 % HCl a trojcestný kohout byl uvolněn, díky čemuž došlo k propojení okolního ovzduší s vyvíjecí nádobou. Zátka společně se zásobníkem HCl byla vložena do hrdla s vyvíjecí nádobkou a nastavení trojcestného kohoutu proběhlo tak, aby eudiometrická trubice byla spojena s vyvíjecí nádobkou. Se zeminou byla promíchávána kyselina chlorovodíková a poté se sledoval v průběhu vývoj plynu až do konce. Následně se uvolnila tláčka a díky tomu došlo k vyrovnání obou trubic Jankova vápnoměru. Poté se ze stupnice přímo odečetl obsah $CaCO_3$, který byl vyhodnocen v Tabulce 6 (Zbiral 2002).

Tabulka 6 Tabulka půdních uhličitánů (Zbiral 2002).

uhličitany ($CaCO_3$)	označení zeminy
< 0,3	bezkarbonátová
0,3 – 3,0	slabě vápenitá
3,1 – 25,0	vápenitá
25,1 – 60,0	silně vápenitá
> 60,0	vápencovitá

4.4 Založení pokusu

Pokus byl založen v roce 2018, poté byl pozemek rozdělen na 27 parcelek o velikosti $3 \times 1,5$ m ($4,5$ m²), kde pro zjednodušení údržby porostu byly vytvořeny uličky, které usnadňují dostupnost k jednotlivým parcelkám. Každá varianta mulče byla v pravidelných odstupech rozmístěna po pozemku ve třech opakováních znázorněno na Obrázku 6.

Jednotlivé varianty

- Kůra – rostliny byly vysazeny a poté byla parcelka překryta mulčovací kůrou do výšky přibližně 10 cm
- Štěpka – rostliny byly vysazeny a poté byla parcelka překryta štěpkou z listnatých a jehličnatých stromů bez listů do výšky přibližně 5 cm
- Papír – karton v roli (200 g / m²) byl použit pro pokus na parcelkách ve třech vrstvách, tj. 600 g / m² a následně připevněn rozložitelnými kolíky, do kterých byly prořezány otvory do tvaru písmene X a zasazeny rostliny
- Agrotex EKO+ - parcelka byla pokryta jednou vrstvou hnědé textilie (150 g / m²) a připevněna rozložitelnými kolíky, do kterých byly prořezány otvory do tvaru písmene X a zasazeny rostliny
- Ekocover – parcelka byla pokryta jednou vrstvou rohože (900 g / m²) a přichycena rozložitelnými kolíky, následně v nich byly prořezány otvory do tvaru písmene X a zasazeny rostliny
- Netkaná textilie – na parcelku byla položena černá netkaná textilie 50 g / m², která je odolná vůči působení UV záření, připevněna byla plastovými kolíky, následně v nich byly vyřezány otvory do tvaru písmene X a zasazeny rostliny, poté byla parcelka překryta mulčovací kůrou ve výšce cca 3 cm
- Štěrk – rostliny byly vysazeny a poté byla parcelka překryta ostrohranným štěrkem frakce 8/16 ve výšce 10 cm



Obrázek 6 Jednotlivé experimentální parcelky (autor Ing. Miroslav Fér, Ph.D.).

4.4.1 Vlhkostní senzor TMS4

Senzor TMS-4 je přístroj od firmy TOMST, s.r.o. Toto zařízení je používáno k měření povrchu půdy a země, měření půdní vlhkosti a k měření teploty vzduchu, viz Obrázek 7.

Uvnitř zařízení se nachází teploměry, díky kterým je snižováno riziko poškození či odlomení teploměrů. Dále je zde středová část, která je zpevněna, na rozdíl od svých předchůdců. Ta má za důsledek snižování rizika naprasknutí (TOMST 2019 a).

Senzor se skládá ze dvou lithiových baterií s kapacitou 6 V/1500 mAh. Velkou výhodou je ukládání dat po celou dobu provozu a nelze tak vymazat či pozastavit sběr dat, čímž se předchází jejich ztrátě při špatném nastavení nebo chybě. Kapacita dat na dataloggeru činí 32 Mbit (Wild et al. 2019). Senzor dokáže po dobu deseti let každých deset minut měřit hodnoty, což je ve výsledku až 500 000 hodnot. Pomocí speciálního adaptéru jsou data stahována do počítače přes USB kabel (TOMST 2019 b).

Program Lolly Manager slouží k ovládní senzoru pomocí počítače. Díky němu je možné měnit intervaly ukládání dat. Na senzoru lze nastavit 5 úrovní měření. Basic je základní, a přitom nejdelší režim, kde jsou data ukládána každých 15 minut. Je vhodný pro dlouhodobé měření nebo při skladování senzorů.

Dále režim Meteo, kde jsou data ukládána každých 10 minut. Měření každou 10., 15., 20., 30., 40., 45., 50. a 60. minutu probíhá v režimu Smart. V dalším režimu Intensive se odehrává měření každých 5 minut. Jako poslední Experiment režim, ve kterém jsou data ukládány každou minutu, je vhodný jen pro krátkodobé experimenty (TOMST 2019 b).



Obrázek 7 Vlhkostní senzor TMS4.

4.4.2 Omezení

Je zjištěno, že u čidel TMS volně instalovaných dochází k častému poškození volně žijící zvěří, a proto je doporučeno chránit je např. zakrytím drátěnou klecí. Poruchy způsobené z technických důvodů jsou zaznamenány pouze u 1 % senzorů v prvních 6 měsících po jejich instalaci (Wild et al. 2019).

Aby bylo provedeno správné měření vlhkosti, je zapotřebí, aby celá spodní část senzoru byla v přímém kontaktu s půdou. V půdách, ve kterých je větší výskyt obsahu skeletu, může docházet k poškrábání senzoru, což může následně způsobit chybu a nefunkčnost (Wild et al. 2019).

Snímač vlhkosti půdy se kalibruje a testuje pouze pro měření vlhkosti v půdě a jeho výrobce nedoporučuje, aby byl používán i ve zmrzlé půdě (Wild et al. 2019). Toto lze vypožorovat díky teploměru, který je v senzoru umístěn.

4.4.3 Měření teploty

Pro stanovení teplot je využíváno digitálních teploměrů DS7505U+ vyrobených společností Maxim Integrated. Výrobce uvádí přesnost $\pm 0,5$ °C v rozmezí 0 °C až 70 °C (Wild et al. 2019). V zařízení jsou obsaženy tři typy snímačů teplot. První je snímač teploty vzduchu ve výšce 15 cm nad zemí, druhý snímač je u země a třetí se nachází v hloubce 8 cm pod zemí (TOMST 2019 b).

4.5 Používané mulče při pokusu

Stávající experiment měl mulčovací materiály popsány výše, ale některé materiály se časem rozložily a nebyly doplněny, proto pro tuto bakalářskou práci byly vybrány varianty, které jsou níže popsány a zobrazeny na Obrázku 8.

- Štěpka

Jedná se o výborný a často používaný materiál pro mulčování (Campbell 2001). Jde o hmotu, která je obohacena o dostatečné množství uhlíku. Nejlepší je z listnatých stromů. Díky její jemné struktuře tleje pomaleji a odebírá tak z půdy méně dusíku (Svoboda 2009). Při jejím použití je důležité počítat se ztrátou dusíku pro rozklad, protože je zde vysoký podíl prvků C:N. Štěpku lze zakoupit v mnoha barvách a měla by být použita ve vrstvě 5-10 cm (Campbell 2001).

- Mulčovací kůra

Tento typ je považován za nejběžnější a univerzální. Je možné využít kůru z listnatých i z jehličnatých stromů (Campbell 2001). Kůra z borovic a smrků může vytvořit kyselé pH, které je nevhodné pro běžné typy rostlin a obsahuje tzv. inhibitory růstu (Svoboda 2009).

Pro použití je lepší jemnější, ovšem pokud je suchá nebo oklovaná ptáky, může ji rozfoukat vítr. Tu jemnější je dobré použít v okrasných a zeleninových záhonech, hrubší zase k pokrytí cestiček na zahrádce nebo ke keřům (Flowerdew 2010).

Půdu hnojí dlouhodobě a zásobuje ji humusem. Kůra obsahuje vysoké množství ligninu, díky kterému dochází k pomalejšímu rozkladu než u jiných druhů organických mulčů. Abychom eliminovali množství plevelů, měla by být vrstva mulčovací hmoty kolem 5-10 cm. Je možno hmotu sehnat v několika barvách a velikostních frakcích (Campbell 2001).

- Papír

Jedná se o účinný mulčovací materiál, který je však důležité ihned po nanesení zalít, aby zůstal na místě (Flowerdew 2010). Je možné použít novinový papír, kartony, papírovou drť nebo papírovou kaši (Campbell 2001).

Při použití potištěného papíru je důležité dát si pozor na potisk, jelikož ten může obsahovat škodlivé látky jako např. těžké kovy z použitých inkoustů. Výhodné je, že se rychle a beze zbytku rozloží. Neměl by být na povrchu, ale spíše ve spodních vrstvách, aby zabránil prorůstání původní vegetace. Ve velkém množství pohromadě potřebuje dusíkaté materiály (Svoboda 2009).

Záleží také na výšce vrstvy, když nebude dostatečně vysoká, nezabrání tak popínání a růstu plevelů. Je efektivní však k zahubení slabého plevelu a semenáčku. Je vhodný do ovocných oplocených školek, ke stromům a kořenům (Flowerdew 2010).

- Štěrk

Tento typ mulče je označován jako nejvíce dekorativní. Má mnoho odlišných textur a barev a jeho vzhled je dlouhodobý (Campbell 2001). Jemnější štěrk zabrání v růstu plevelů lépe než hrubší a je snadnější jej uhrabat. Nejlepší možností je nasypat jej ve vysoké vrstvě, která je snazší na údržbu hráběmi a plevel hubí účinněji (Flowerdew 2010).

Vhodný je zejména pro bylinky. Akumuluje teplo, zadržuje pod sebou vláhu, dýchá. Ovšem těžit štěrk pro mulč je z hlediska ekologie nevhodné. Spíše se využívá jeho zbytků (Svoboda 2009). Když je využit s obsahem vápence, je nutné počítat se zásaditým pH, tedy nedávat ho ke kyselomilným rostlinám (Campbell 2001).

- Agrotex EKO+

Tato varianta ekotextilie se používá jako ekologická alternativa k běžně využívaným textiliím. Jde o kompostovatelnou biomasu, která brání růstu plevelů a udržuje půdu vlhkou. Z důvodu jeho postupného rozkládání je omezená životnost na 3 až 5 let, kdy na konci rozkladu přebírá plnou funkci herbicidů, což z ní dělá vhodnou formu mulče pro pěstování plodin (<https://www.geomall.cz/zahradni-sortiment/agrotexilie>).

Detailní popis studované lokality půdních vlastností, použitých mulčovacích materiálů a design experimentu je v publikaci Pavlů et al 2021.



Obrázek 8 Experimentální pozemky v zimním období (vlastní fotodokumentace).

4.5.1 Měření vlhkosti

Pro měření vlhkosti se využívá senzoru TMS-4 vlastní patentované čidlo (patent č. CZ304153). Funguje na základu elektromagnetické metody, která je založena na dielektrické permitivitě, přesněji na principu časové domény (TDT). Elektromagnetické impulsy s vysokou frekvencí kolem 2 500 MHz se odesílají přes tištěný obvod o velikosti cca 20 cm. Ve chvíli, kdy se časový impuls dostane k počítači jednotce, dochází k vyslání dalšího impulsu. K tomuto dojde v krátkém časovém úseku a to kolem 640 mikrosekund. Impulsy se počítají jako signál s intenzitou o velikosti 50-200 MHz. Data, která jsou jako výstupní z čidla, jsou relativními hodnotami counts.

Vlhkost půdy souvisí s počtem impulsů, jelikož při zvýšené vlhkosti se počet přijatých impulsů sníží. Počet impulsů je poté obrácený a je v rozsahu 1-4095 counts. Zaznamenaná data se typicky uvádí v rozsahu od 100 counts, tj. vlhkost okolního vzduchu, do 3 500 counts, tj. vlhkost destilované vody. K tomuto závěrnému přepočtu relativní hodnoty na objemovou půdní vlhkost je potřeba provést kalibraci (Wild et al. 2019).

Výrobce poskytuje kalibrační křivky pro různé typy půd, ale pro půdy specifické či přesné výsledky je doporučeno provést vlastní kalibraci pro danou lokalitu (Wild et al. 2019). Pro potřeby vyhodnocení dat pro tuto bakalářskou práci byla použita kalibrace senzorů TMS-4 provedena slečnou Váchovou v předložském roce (Váchová 2019).

Cílem bakalářské práce bylo, nejdříve popsat celé sledované období, následně vliv mulčů na vlhkost půdy a její teplotu.

Pro detailnější popis vlivu mulčovacích materiálů na vlhkostní režim byly vybrány dvě periody. Jedna vlhká, která probíhala v období od 9.7.2019 do 20.8.2019 a druhá suchá peoriada, která byla v období od 19.6.2019 do 12.7. 2019. V každé sledované variantě byl vyhodnocen vliv mulčovacích materiálů za rozdílných srážkových úhrnech. V suché periodě bylo zkoumáno, jak se mění teplota a vlhkost půdy po jednorázovém srážkovém úhrnu (tedy bylo zjišťováno, jak se vlhkost půdy mění při vysychání). Při druhé zkoumané periodě (vlhké) bylo sledováno, jak jednotlivé mulčovací varianty reagují na zvyšující se úhrn srážek (tedy zvyšující se vlhkost v půdním prostředí). Ke sledovaným vlhkostem byla dále použita data ze srážkoměru, který je nainstalován v Demonstrační a výzkumné stanici v Praze - Tróji.

5 Výsledky a diskuze

5.1 Základní fyzikální vlastnosti

Procentuální zastoupení jednotlivých velikostních frakcí analyzovaného vzorku ze studované lokality je znázorněno v Tabulce 7. Pro určení půdního druhu dle klasifikace podle Nováka je rozhodující procentuální zastoupení kategorie částic menších než 0,01 mm. Tyto částice byly zastoupeny 22,16 %, tudíž se dle klasifikace podle Nováka jedná o písčito-hlinitý půdní druh. Zrnitostní křivka půdy je zobrazena na Obrázku 9.

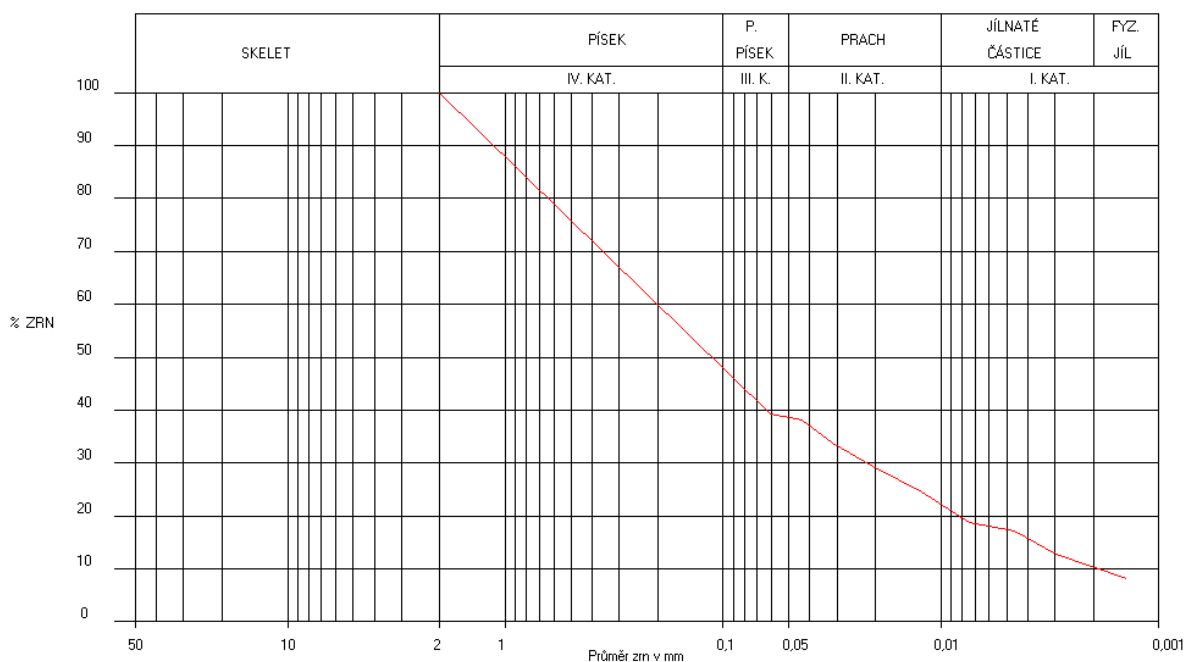
Byly stanoveny následující základní fyzikální vlastnosti: specifická hmotnost zeminy ρ_z (g cm^{-3}), zrnitostní složení na porušených půdních vzorcích, objemová hmotnost zeminy ρ_d (g cm^{-3}), celková pórovitost P (%) na neporušených půdních vzorcích. Výsledky stanovení můžeme vidět v Tabulce 8.

Tabulka 7 Stanovené hodnoty pro určení zrnitosti.

fyz. jíl (%)	obsah zrn (%)			
	<0,01 mm	0,01-0,05 mm	0,05-0,1 mm	0,1-2 mm
<0,002 mm	<0,01 mm	0,01-0,05 mm	0,05-0,1 mm	0,1-2 mm
10,26	22,16	16,51	9,26	52,15

Tabulka 8 Stanovené hodnoty základních fyzikálních vlastností a jejich směrodatné odchylky.

specifická hmotnost ρ_z (g cm^{-3})	objemová hmotnost ρ_d (g cm^{-3})	pórovitost P (%)
2, 52	1,40	46



Obrázek 9 Zrnitostní křivka půdy.

5.2 Základní chemické vlastnosti

Byly stanoveny následující základní chemické vlastnosti: salinita ($\mu\text{S cm}^{-1}$), obsah oxidovatelného uhlíku Cox (%) a obsah uhličitánů (%), aktivní půdní reakce pH (H_2O) a výměnná půdní reakce pH (KCl). Tyto hodnoty jsou zaznamenány v Tabulce 9.

Salinita má hodnotu $101,3 \mu\text{S cm}^{-1}$, která se podle záznamů v tabulce shoduje se zasolením se zvýšenou zátěží. Obsah oxidovatelného uhlíku podle Tabulky 8 má střední obsah organického uhlíku. Jelikož ve vzorku nebyly obsaženy uhličitany, jde o bezkarbonátovou půdu.

Podle Tabulky 9 byla také ohodnocena aktivní půdní reakce pH (H_2O), kde naměřená hodnota 7,26 odpovídá neutrální reakci. Též výměnná půdní reakce pH (KCl) je hodnocena Tabulkou 9. Naměřená hodnota KCL 6,53 odpovídá slabě kyselé reakci.

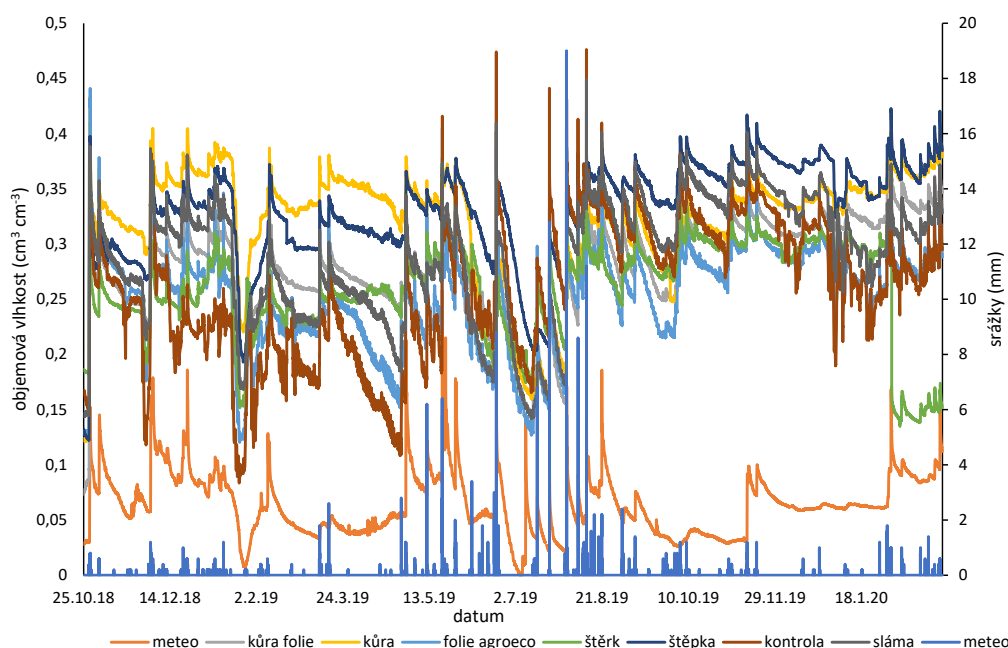
Tabulka 9 Stanovené hodnoty základních chemických vlastností a jejich směrodatné odchylky.

pH (H_2O) (-)	pH (KCl) (-)	salinita ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Cox (%)	uhličitany (%)
$7,26 \pm 0,050$	$6,53 \pm 0,009$	$101,3 \pm 1,438$	$1,77 \pm 0,078$	do 0,4

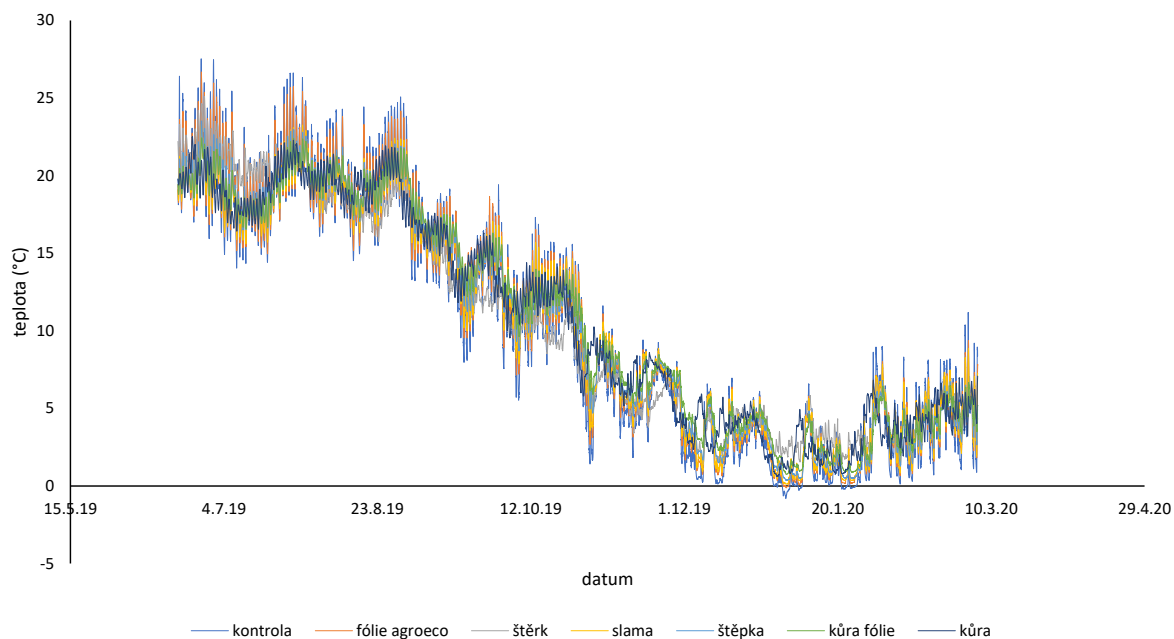
5.3 Vliv mulčovacích materiálů na vlhkost a teplotu půdy

Hlavním cílem bakalářské práce bylo vyhodnotit vliv různých mulčovacích materiálů na teplotu, a především vlhkost půdy.

Fyzikální a chemické vlastnosti půdy mohou být přímo ovlivněny samotným mulčovacím materiálem. Záleží na jeho propustnosti, rychlosti rozkladu nebo i jeho složení. Vlastnosti půdy pod různými mulčovacími materiály mohou být také ovlivněny střídáním klimatických podmínek Obrázek 10, který ukazuje průměrnou objemovou vlhkost půdy a Obrázek 11, zobrazující teplotu půdy za sledované období na experimentálním pozemku v Praze – Tróji. Pro detailní popis vlivu mulčovacích materiálů na teploty a vlhkosti půdy byly na základě měřených dat vybrány dvě extrémní periody. Nejdříve byla vybrána perioda sucha, která trvala od 19.6.2019 do 12.7.2019 a následovala perioda dešťů, která probíhala od 9.7.2019 do 20.8.2019. V těchto dvou periodách byl rozdílný úhrn dešťových srážek, ale na druhou stranu obě tyto periody měly podobnou teplotu.

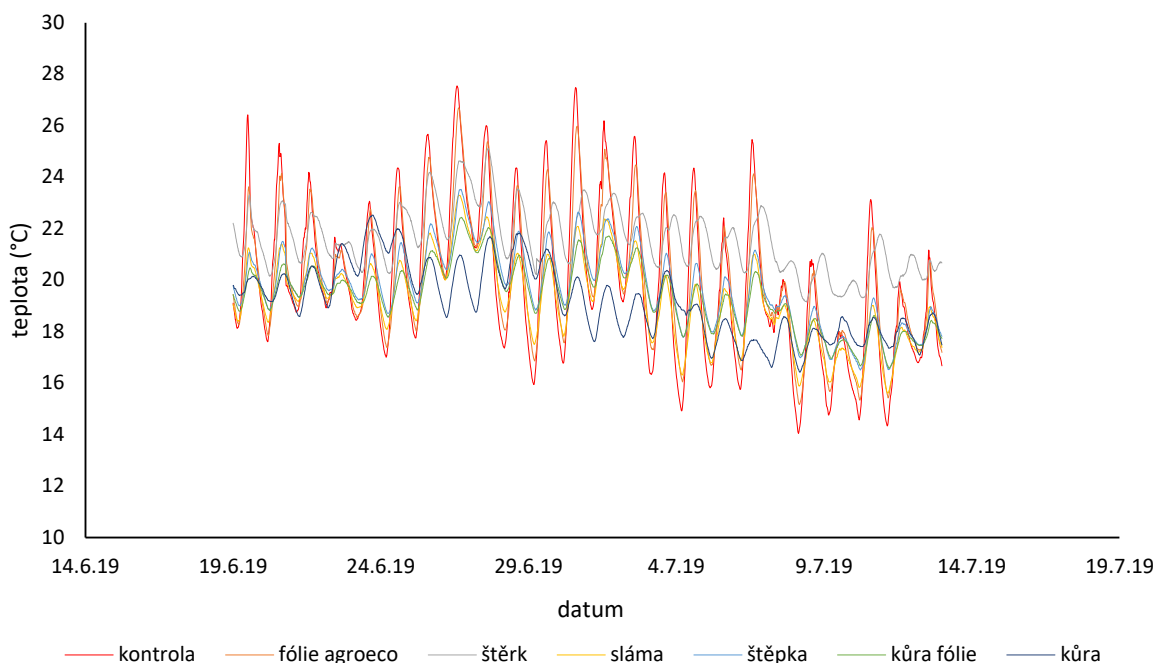


Obrázek 10 Měřené objemové vlhkosti půdy pro všechny varianty za celé sledované období od roku 2018 do roku 2020.



Obrázek 11 Měřené teploty pro všechny varianty za celé sledované období od roku 2018 do roku 2020.

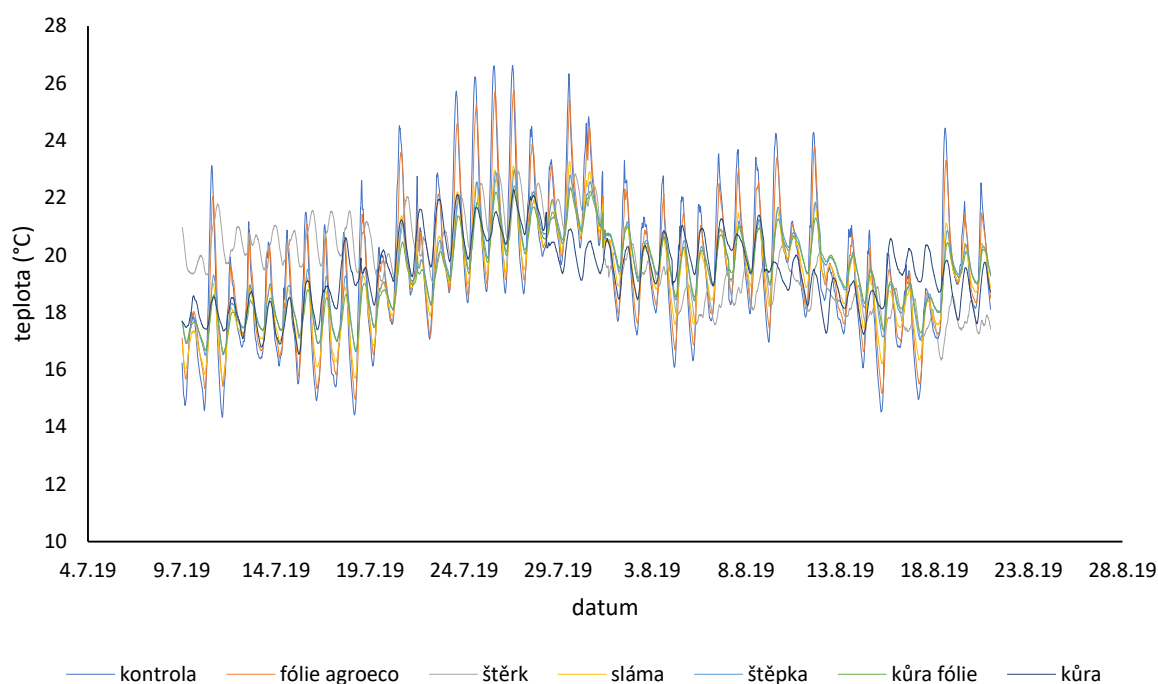
Na počátku sledovaného období sucha byla měřená teplota poměrně shodná u pozemků zakrytých slámou, kůrou a štěpkou. Dosahovala přibližně 19,4 °C. Nejvyšší teplota 22,2 °C byla naměřena u pozemku zakrytého štěrskem. Jak znázorňuje následující graf, Obrázek 12.



Obrázek 12 Měřené teploty půd pod různými povrchy během periody sucha od 19.6.2019 do 12.7.2019.

Následně v průběhu celé monitorované periody sucha, byla nejnižší, avšak poměrně stabilní teplota zjištěna u varianty s kůrou, slámou a štěpkou. Hodnoty se v celém období pohybovaly od 19,4 °C do 23,1 °C. I ve studii Namaghi (2018) organické mulče díky své nízké vodivosti vykazovaly nejnižší průměr teplot.

Nejvyšší teplota v období sucha se ukázala u štěrku, opět byla poměrně stabilní od 22,2 °C do 25,1 °C. V období sucha byla nejkolísavější teplota zaznamenána u kontrolní varianty (pozemek bez zakrytí mulče). Hodnoty se pohybovaly od 14,8 °C do 26,5 °C, což ukazuje, jaké pozitivní účinky má mulčování ke zmírnění extrémního kolísání teplot. Obdobně kolísavé hodnoty byly zjištěny rovněž u varianty folie agroeco, to může být způsobeno také její nízkou propustností. Naše výsledky potvrzuje ve svém výzkumu Tan (2017), kde byla použita varianta s pokrytím slámou a neošetřená varianta. Bylo zjištěno, že pokrytí půdy mulčovacím materiálem snížilo rozdíly mezi maximální a minimální teplotou půdy, tudíž by mohly stabilizovat teplotu půdy.



Obrázek 13 Měřené teploty pod různými povrchy během vlhké periody od 9.7.2019 do 20.8.2019.

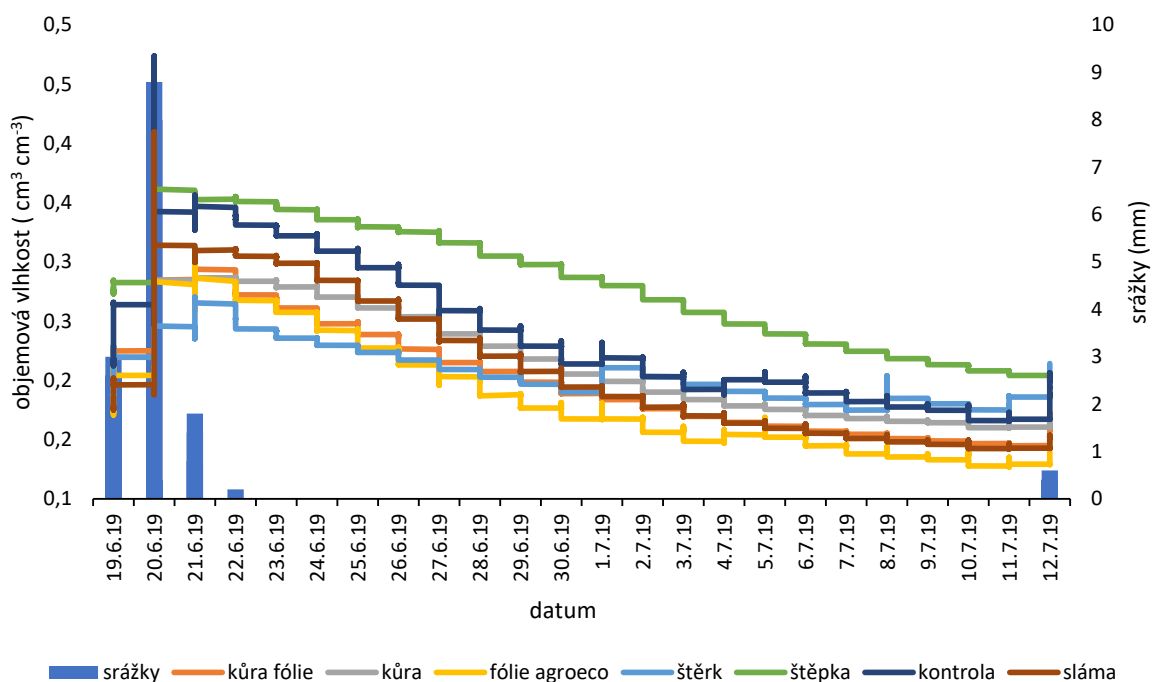
V celém sledovaném období dešťů mají relativně stejnou teplotu varianty s pokrytím kůrou, slámou a štěpkou, kde počáteční naměřená teplota činila přibližně 17,7 °C viz Obrázek 13. Podobné odpovědi byly potvrzeny také článkem od Rafi (2021), kde pomocí rozdílů teplot půdy bylo zjištěno, že povrchový mulč může během letní sezóny upravit tepelné podmínky půdy. Holá půda měla v teplotních rozdílech širokou amplitudu ve srovnání s dřevní štěpkou. Porovnání teplotních rozdílů půdy ukázalo, že mulčovací štěpka měla lepší schopnost upravit teplotu půdy. To znamená, že mulčování bylo účinné ke stabilnější teplotě půdy (Rafi 2021).

Rychlost snižování objemové vlhkosti u varianty s pokrytím štěpkou a kůrou byla také relativně stejná. V období dešťů byl rozdíl mezi maximální a minimální naměřenou objemovou vlhkostí v rozmezí od 0,21 do 0,22 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$. U varianty s pokrytím slámou byl v periodě dešťů naměřen rozdíl 0,31 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, jak znázorňuje Tabulka 10.

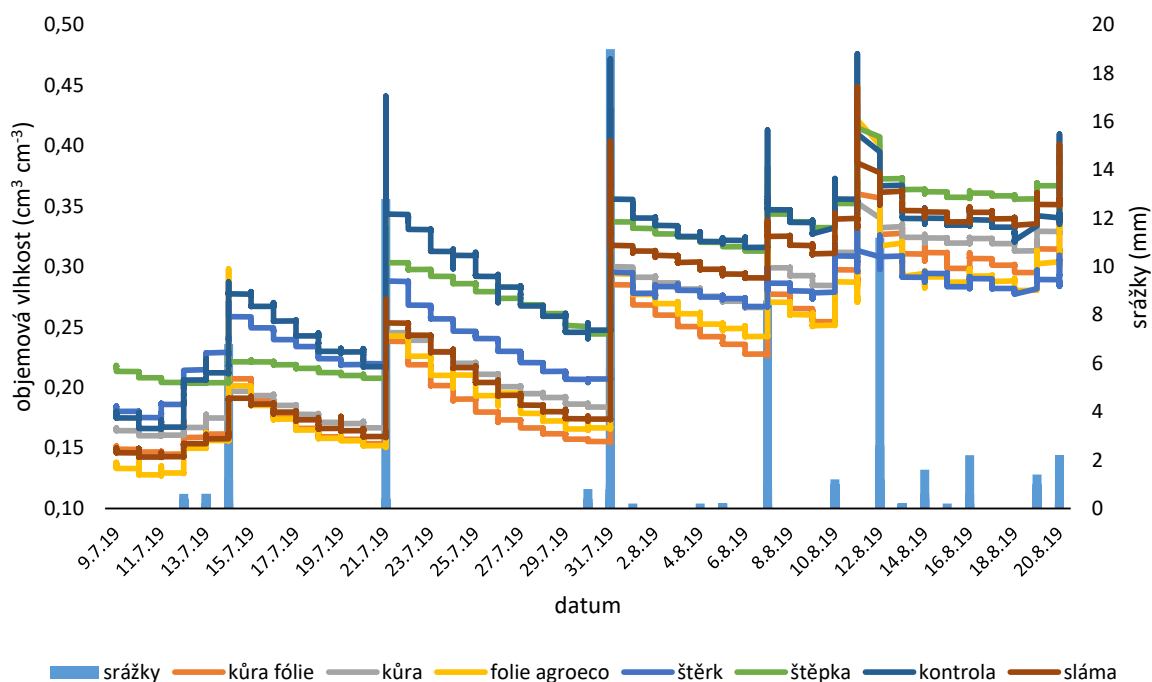
V průběhu měřeného období dosáhla maximální teplota u těchto variant až 22,7 °C, téměř se tak přibližuje hodnotám naměřeným v období sucha. Odlišné výsledky v období dešťů jsme naopak zaznamenali u varianty se štěrku, kde byla naměřena počáteční teplota 20,9 °C, později však klesla až na 17,2 °C. Byl tedy zjištěn značný teplotní rozdíl. Minimální a maximální rozdíl objemové vlhkosti u štěrku byl 0,15 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, což udává, že varianta s pokrytím štěrku má nejrychlejší snižování vlhkosti půdy.

Nejvíce kolísavé teploty byly v období dešťů, stejně tak jako v období sucha, zaznamenány také u varianty kontrolní bez zakrytí mulče a folie agroeco. Naměřené hodnoty se pohybovaly od 14,7 °C do 26,1 °C. Maximální a minimální rozdíl teplot byl nejvyšší u výše uvedených variant, což zobrazuje Tabulka 11 a Tabulka 13. U kontrolní varianty byl rozdíl 12,3 °C a u varianty folie agroeco 10,8 °C.

Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky byly hodnoceny v jednotlivých periodách, jak ukazuje následující grafické znázornění na Obrázku 14 a na Obrázku 15.



Obrázek 14 Měřené hodnoty srážek a objemové vlhkosti půdy v období sucha.



Obrázek 15 Měřené hodnoty srážek a objemové vlhkosti půdy v období dešťů.

Tabulka 10 Maximální a minimální rozdíl objemové vlhkosti půdy ve vlhké periodě.

Vlhká perioda	kontrola	fólie agroeco	štěrk	sláma	štěpka	kůra – fólie	kůra
maximální vlhkost	0,48	0,44	0,33	0,45	0,42	0,38	0,37
minimální vlhkost	0,17	0,13	0,18	0,14	0,20	0,14	0,16
rozdíl vlhkostí	0,31	0,31	0,15	0,31	0,22	0,24	0,21

Tabulka 11 Maximální a minimální rozdíl teplot ve vlhké periodě.

Vlhká perioda	kontrola	fólie agroeco	štěrk	sláma	štěpka	kůra – fólie	kůra
maximální teplota	26,6	25,8	22,9	23,3	23,0	22,4	22,29
minimální teplota	14,3	15,0	16,3	15,6	16,5	16,6	16,54
rozdíl teplot	12,3	10,8	6,6	7,7	6,5	5,9	5,75

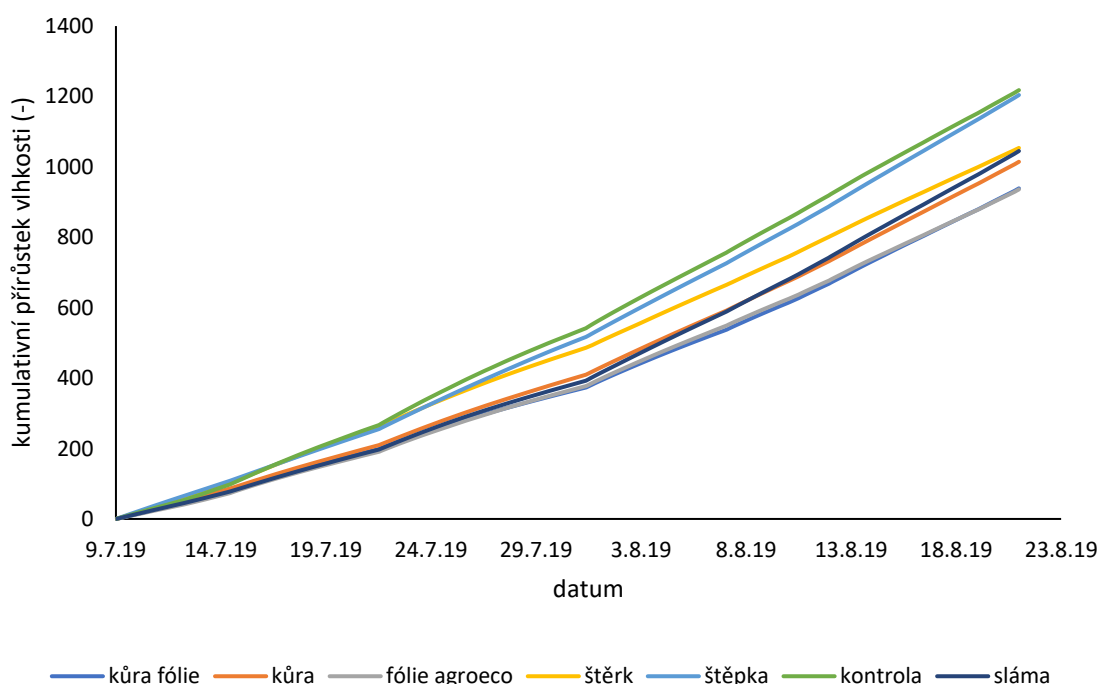
Tabulka 12 Maximální a minimální rozdíl objemové vlhkosti půdy v suché periodě.

Suchá perioda	kontrola	fólie agroeco	štěrk	sláma	štěpka	kůra – fólie	kůra
maximální vlhkost	0,47	0,39	0,28	0,41	0,40	0,30	0,34
minimální vlhkost	0,17	0,13	0,17	0,14	0,20	0,14	0,16
rozdíl vlhkostí	0,30	0,26	0,11	0,27	0,20	0,16	0,18

Tabulka 13 Maximální a minimální rozdíl teplot v suché periodě.

Suchá perioda	kontrola	fólie agroeco	štěrk	sláma	štěpka	kůra – fólie	kůra
maximální teplota	27,5	26,7	25,1	23,3	23,5	22,4	22,52
minimální teplota	14,0	15,2	19,2	15,6	16,5	16,6	16,42
rozdíl teplot	13,5	11,5	6,0	7,7	7,0	5,9	6,1

Pro přehledné porovnání vlhkosti pod jednotlivými mulčovacími materiály byla vybrána vlhká perioda, kde jsou nejpatrnější zaznamenané rozdíly v kumulativním přírůstku vlhkosti, což znamená, o kolik se změnila vlhkost půdy za dané období. Z grafu na Obrázku 15, který porovnává jednotlivé materiály vyplývá, že nejvíce vody se dostalo do kontrolní varianty a varianty s pokrytím štěpkou. Nejméně vody se pak dostalo do kůry a fólie.



Obrázek 16 Kumulativní přírůstek objemové vlhkosti.

Pro nejvyšší zadrženi vody v písčito-hlinité půdě se z našeho grafu jeví jako nejvhodnější materiál k mulčování štěpka.

Pro měření byla použita vrstva štěpky z listnatých a jehličnatých stromů přibližně 5 až 10 cm vysoká tak, jak je doporučeno pro zahradní půdy. Jedná se o výborný a často používaný materiál pro mulčování (Campbell 2001). Nejlepší je z listnatých stromů. Díky její jemné struktuře tleje pomaleji (Svoboda 2009).

Z našeho pokusu lze jednoznačně potvrdit, že objemová vlhkost půdy při použití tohoto materiálu byla nejvíce stabilní k množství srážek v dané periodě, tj. období sucha.

To je kromě dostupnosti a ceny, další z výhod pro její využití. Kromě hlavní funkce zabránění vysychání půdního povrchu a potlačení růstu plevelů urychluje stabilní teplota pod vrstvou mulče zakořenění rostlin a sazenic. Vhodné vlastnosti pro optimální zadržování objemové vlhkosti v půdě dosahujeme také při mulčování slámou a kůrou.

Jak vyplývá z výzkumu Lee et al. (2014) množství slámy na povrchu půdy také ovlivňovalo teplotu a vlhkost půdy a mělo podstatný vliv na obsah vody ve slámě. Předchozí studie prokázaly, že vlhkost mulče je způsobena zadržováním vody ve zbytkových částicích a režimem deště a odpařování.

Rovněž náš výzkum na pozemku v Praze – Tróji ukázal, že za dostatečných dešťových podmínek sláma dobře nasákne a tím efektivně zadržuje vodu v půdě. Tato vlhká vrstva slámy zabráňuje nadměrnému odpařování vody z půdy a díky tomu tak udrží stabilní objemovou vlhkost. Ostatně to potvrzují i závěry z výzkumu Dietricha a kolektivu z roku 2019 z katedry půd Federální univerzity v Santa Marii v Brazílii.

Výsledky z výzkumu Dietrich et al. (2019) poukázaly na zvýšení půdní vlhkosti v závislosti se zvyšujícím se množstvím slámy na povrchu půdy, a to zejména v obdobích s nízkými srážkami, kdy silnější mulčování účinně bránilo odpařování vody v půdě, což potvrzuje další studie (Sousa et al. 2017). Je to proto, že sláma na povrchu působí jako fyzická bariéra přenosu tepla a vody do atmosféry (Fuchs & Hadas 2011). Podobné vlastnosti můžeme sledovat i při mulčování za použití kůry.

Na demonstračním pozemku byla půda pokryta vrstvou mulčovací kůry do výšky přibližně 8–10 cm. Abychom eliminovali množství plevelů, měla by být vrstva mulčovací hmoty kolem 5-10 cm což bylo splněno i u našeho pokusu (Campbell 2001). Pro své vlastnosti, dostupnost a zřejmě i cenu, je mulčovací kůra považována za nejběžnější a univerzální mulč. Z výsledků našeho pokusu ji však lze doporučit také jako vhodný mulč pro optimální objemovou vlhkost. Ta se v období dešťů pohybovala od 0,17 až do 0,33 cm³ cm⁻³, v období sucha od 0,18 do 0,25 cm³ cm⁻³. Podle Flowerdew (2010) je pro použití v okrasných záhonech lepší jemnější, hrubší zase k pokrytí cestiček na zahrádce nebo ke keřům. Mulčovací kůra dle Campbell (2001) půdu hnojí dlouhodobě a zásobuje ji humusem. Je možné využít kůru z listnatých i z jehličnatých stromů (Campbell 2001).

Z hlediska dlouhodobého zadržování vody je vhodné využití štěrku, protože půda pod tímto mulčovacím materiálem jen málo reaguje na změny způsobené množstvím srážek a vykazuje stálou objemovou vlhkost. Je to opět ovlivněno více faktory.

Odpařování půdní vody za konstantních vnějších podmínek probíhá obecně ve dvou fázích (Black et al. 1969). Když je půdní vlhkost vysoká, rychlost odpařování je vysoká a relativně stabilní.

Pokud je půdní vlhkost nižší, rychlost odpařování klesá. Protože všechna ošetření používala ve studii (Qiu et al. 2014) stejnou tloušťku nasycené půdy, mulčované půdy, bez ohledu na tloušťku vrstvy a velikost zrna štěrku, představovaly během experimentu konstantní objemovou vlhkost.

Shora uvedené výsledky byly ověřovány i výzkumem uskutečněným na pozemku v Praze – Tróji při zachování doporučené vrstvy 10 cm ostrohranného štěrku frakce 8/16.

Jelikož vrstva použitého štěrku je také jedním z mnoha diskutabilních faktorů ovlivňujících výsledky zkoumání objemové vlhkosti. Jemnější štěrk zabrání v růstu plevelu lépe než hrubší

a je snadnější jej uhrabat. Nejlepší možností je nasypat ho ve vysoké vrstvě, která je snazší na údržbu hráběmi a plevel hubí účinněji (Flowerdew 2010). Z našeho výzkumu můžeme potvrdit, že objemová vlhkost půdy při užití štěrku k mulčování byla vůči množství srážek poměrně stabilní. Výsledky měření ukázaly objemovou vlhkost od 0,18 do 0,33 cm³ cm⁻³ v období sucha. Správnost našeho zkoumání podporují i výsledky z výzkumu Black et al. (1969).

Nejnižší objemová vlhkost půdy v období sucha byla zaznamenána pod fólií agroeco. Jak ukazuje dříve uvedený Obrázek 14. Na zadržování vody v půdě v tomto případě nemělo vliv ani období dešťů viz Obrázek 15. Z tohoto důvodu se folie agroeco jeví jako vhodnější pouze pro udržení mírné objemové vlhkosti v půdě, lze jí rovněž použít pro zabránění růstu plevelu. Nízkou objemovou vlhkost u fólie lze vysvětlit její nízkou propustností, akumulací srážené vody na jejím povrchu a občasným únikem akumulované vody, a to protržením folie pro instalaci senzoru TMS-3.

Obsah půdní vody odpovídá distribuci srážek v průběhu sledované periody, která probíhala v období od 9.7. do 20.8.2019.

Při výzkumu byly zakryté části pozemku mulčovacím materiálem porovnávány s hodnotami na běžném pozemku bez využití krycího materiálu. Hodnoty jsou součástí grafu, Obrázek 15.

Při prvních srážkách byla zpočátku měření u kontrolní varianty nezakrytého pozemku mulčovacím materiálem objemová vlhkost půdy nejvyšší, postupně jsme se ale ztotožnili se závěry Dietricha et al. (2019), že tam, kde dešťovou vodu zadržovaly mulče, zůstala půda bez mulče sušší než půdy pokryté mulčováním. Důvodem je skutečnost, že zvýšené odpařování půdy nezakryté mulčováním nebylo v takové situaci vyváжено vyšším množstvím vody, které se dostalo do půdy po dešti. Je pochopitelné, že tento účinek závisí na několika faktorech, nejen na intenzitě a frekvenci srážek, ale také na podílu plochy pokryté mulčováním a vlastnostech mulče. Může se lišit podle zemědělských a klimatických podmínek.

Z mého pohledu se jako nejvhodnější mulčovací materiály jeví štěrk a štěpka. Záleží však na způsobu jejich využití, půdním druhu, lokalitě a samozřejmě i na klimatických podmínkách. Svůj další výzkum bych do budoucna ráda zaměřila na objemovou vlhkost v různých hloubkách půdy, aby byl vidět komplexnější vliv těchto materiálů i do hloubky.

6 Závěr

Tato bakalářská práce byla zaměřena na porovnání vlivů různých druhů mulčovacích materiálů a jejich působení na teplotu a objemovou vlhkost půdy.

Experimentální část probíhala na pozemku demonstrační a výzkumné stanice v Praze – Tróji, kde se nacházelo 6 typů osázených „parcelek“, pokrytých mulčovacím materiálem, a jedna kontrolní bez zakrytí. Teploty a vlhkosti půdy byly na zmiňované lokalitě měřeny od roku 2018 až do roku 2020. V práci byly sledovány dvě časové periody z období sucha a z období dešťů, kdy pro samotný výzkum byla vybrána perioda sucha v období od 19.6.2019 do 12.7.2019 a druhá perioda s vydatnými srážkami za období od 9.7.2019 do 20.8.2019. I když nejde o výrazně dlouhé časové období, byly zjištěny rozdíly v použití jednotlivých mulčovacích materiálů, a to za zachování rovných klimatických podmínek. Výsledky výzkumu byly rovněž podpořeny i porovnáním výsledků z odborných článků z předchozích let.

Při zhodnocení výsledků naměřené objemové vlhkosti bylo prokázáno, že nejvíce stabilní k množství srážek v daných periodách byla štěpka a štěrk. Z hlediska dlouhodobého zadržování vody je vhodné zejména využití štěrku, protože půda pod tímto mulčovacím materiálem jen málo reaguje na klimatické změny a změny způsobené množstvím srážek. Naopak nejnižší objemová vlhkost půdy byla zaznamenána pod fólií agroeco, což mohlo být způsobeno její nízkou propustností. Z tohoto důvodu se jeví její využití vhodnější pro udržení pouze nízké objemové vlhkosti v půdě a je vhodná zejména pro zabránění růstu plevelů.

Zjištěné hodnoty u měřené teploty půdy ukázaly, že nejvyšší a také nejvíce stabilní teplota v období sucha byla zaznamenána u štěrku, který dobře akumuluje teplo, avšak značný teplotní rozdíl byl zjištěn v období dešťů. Teplota ostatních mulčovacích materiálů v období dešťů byla relativně stejná. Nejmenší rozdíly minimálních a maximálních teplot za období sucha i dešťů byly tedy zaznamenány u variant s pokrytím štěrkem, štěpkou, slámou a kůrou v tomto pořadí.

Cílem této práce bylo vyhodnotit na základě polního experimentu vlhkost půdy pod různými druhy mulčovacích materiálů. Tohoto cíle bylo experimentem dosaženo. Vzhledem ke skutečnosti, že v současné době mulčovací materiály nacházejí stále více využití, je takový výzkum rozhodně přínosem, neboť prokázal rozdíly mezi jednotlivými vlastnostmi těchto materiálů a vhodnost jejich použití.

7 Literatura

- AghaKouchak A, Farahmand A, Melton FS et al. 2015. Remote sensing of drought: Progress, challenges and opportunities. *Reviews of geophysics* **53**:452-480.
- Anderson MC, Norman J, Mecikalski John R et al. 2007. A climatological study of evapotranspiration and moisture stress across the continental United States based on thermal remote sensing. *Journal of geophysical research-atmospheres* **112**:757-768.
- Bedrna Z a kol. 1989. Podne režimy. Veda, Bratislava.
- Black TA, Gardner WR. 1969. The prediction of evaporation, drainage and soil water storage for a bare soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc* **33**: 655-660.
- Campbell S. 2001. *Mulch It! A practical guide to using mulch in the garden and landscape.* Storey Publishing, Pownal.
- Dai A, Trenberth KE, Qian TT. 2004. A global dataset of Palmer Drought Severity Index for 1870-2002: Relationship with soil moisture and effect of surface warming. *Journal of hydrometeorology* **5**:1117-1130.
- Debalina S, Christopher Marble S, Brian J. Pearson. 2019. Mulch Type and Depth, Herbicide Formulation and Postapplication Irrigation Volume Influence on Control of Common Landscape Weed Species. *HortTechnology* **29**: 65-77.
- Diaz F, Jinenez CC, Tejedor M. 2005. Influence of the thickness and grain size of tephra mulch on soil water evaporation. *Agric Water manage* **74**:47-55.
- Dietrich G, Recous S. 2019. Gradient of decomposition in sugarcane mulches of various thicknesses. *Soil and Tillage Research* **192**:66-75.
- Dobriyal P, Qureshi A, Badola R, Hussain SA. 2012. A review of the methods available for estimating soil moisture and its implications for water resource management. *Journal of Hydrology* **458-459**:110-117.
- Doran JW. 1980. Microbial changes associated with residue management with reduced tillage. *Journal Series* **44**:518-524.
- Engman ET. 1991. Applications of microwave remote sensing of soil moisture for water resources and agriculture. *Remote Sensing of Environment* **35**:213–226.
- Evett SR, Parkin GW. 2005. Advances in Soil Water Content Sensing: The Continuing Maturation of Technology and Theory. *Vadose Zone Journal* **4**:986-991.
- Fiala J, Gaisler J. 2008. Ošetřování trvalých travních porostů mulčováním. *Úroda* **5**: 51-52.
- Flint AL, Flint LE. 2002. Particle density. Pages 229-240 in Dane JH, Topp GC, editors. *Methods of Soil Analysis. Part 4 – Physical Methods.* Soil Science Society of America, Inc., Madison.
- Flowerdew B. 2010. *Weeding without chemicals.* Kyle Cathie Limited, London.
- Francioli D, Schulz E. 2016. Mineral vs. organic amendments: microbial community structure, activity and abundance of agriculturally relevant microbes are driven by long-term fertilization strategies. *Front. Microbiol* **7**:1446.
- Fuchs M, Hadas A. 2011. Mulch resistance to water vapor transport *Agric. Water Manage* **98**:990-998.

- Hild AL, Morgan DL. 1993. Mulch effects on crown growth of five southwestern shrub species. *Journal of Environmental Horticulture* **11**: 41-43.
- Hradil R. 2013. *Česká biozahrada*. Fontána, Olomouc.
- Huisman JA, Sperl C, Bouten W, Verstraten JM. 2001. Soil water content measurements at different scales: accuracy of time domain reflectometry and ground-penetrating radar. *Journal of Hydrology* **245**: 48-58.
- Jandák J, Pokorný E, Prax A. 2008. *Půdoznalství. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno*.
- Kader AM, Senge M, Mojid AM. 2017. Mulching type-induced soil moisture and temperature regimes and water use efficiency of soybean under rain-fed condition in central Japan. *International Soil and Water Conservation Research* **5**:302-308.
- Kalina M. 2005. *Hnojení v zahradě*. Grada, Praha.
- Kasirajan S, Nqouajio M. 2012. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications. *Agronomy for Sustainable Development* **32**: 501-529.
- Kohoutek A, Fiala J, Komárek P, Rataj D, Tišliar E, Michalec M. 1998. *Obnova a přísevy travních porostů. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha*.
- Kozák J, Němeček J, Borůvka L, Lérová Z, Němeček K, Kodešová R, Janků J, Jacko K, Hladík J, Zádorová T. 2009. *Atlas půd České republiky. Česká zemědělská univerzita, Praha*.
- Kutílek M. 1978. *Vodohospodářská pedologie. Státní nakladatelství technické literatury, Bratislava*.
- Lamont WJ. 2005. Plastics: modifying the microclimate for the production of vegetable crops. *Hort Technology* **3**:477-481.
- Lee H, Fitzgerald J. 2014. Soil moisture and soil-litter mixing effects on surface litter decomposition: a controlled environment assessment. *Soil Biol. Biochem* **72**:123-132.
- Merlin O, Walker JP, Panciera R, Young R, Kalma JD, Kim EJ. 2007. Soil moisture measurement in heterogeneous terrain. Pages 2604-2610 in Oxley S, Kulasiri D, editors. MODSIM 2007 International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand.
- Mohammad KA, Masateru S. 2017. Mulching type-induced soil moisture and temperature regimes and water use efficiency of soybean under rain-fed condition in central Japan. *International Soil and Water Conservation Research* **5**:302-308.
- Moreno MM, Moreno A. 2008. Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop. *Scientia Horticulturae* **3**: 256- 263.
- Muñoz-Carpena R. 2018. Field devices for monitoring soil water content. Agricultural and Biological Engineering Department, IFAS Extension University of Florida. Available from <https://edis.ifas.ufl.edu/ae266> (accessed February 2019).
- Namaghi MN, Davarynejad GH. 2018. Effects of mulching on soil temperature and moisture variations, leaf nutrient status, growth and yield of pistachio trees. *Scientia Horticulture* **241**:115-123.
- Němeček J, Muhlhanselová M, Macků J, Vokoun J, Vavříček D, Novák P. 2011. *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Česká zemědělská univerzita, Praha*.
- Pavlů L, Kodešová R. 2021. The impact of various mulch types on soil properties controlling water regime of the Haplic Fluvisol. *Soil and Tillage Research* **205**: 6-12.

- Pérez FL 2000. The influence of surface volcanoclastic layers from Haleakala on soil water conservation. *Catena* **38**: 301-332.
- Prax A, Jandák J, Pokorný E. 1997. *Půdoznalství. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.*
- Qiu Y, Xie Z, Wang Y, Ren J. 2014. Influence of gravel mulch stratum thickness and gravel grain size on evaporation resistance. *Journal of Hydrology* **519**:1908-1913.
- Rafi ZN, Kazemi F. 2021. Effects of planting combinations and mulch types on soil moisture and temperature of xeric landscapes. *Urban forestry Urban greening* **58**:3-6.
- Rhoades JD, Chanduvi F, Lesch S. 1999. *Soil Salinity Assessment: Methods and Interpretation of Electrical Conductivity Measurements. FAO Irrigation and Drainage Paper 57, Rome, Italy.*
- Robinson DA, Campbell CS, Hopmans JW et al. 2008. Soil moisture measurement for ecological and hydrological watershed-scale observatories. *Vadose zone journal* **7**:358-389.
- Scott ChL. 2007. Impact of mulches on landscape plants and the environment. *Journal of Environmental Horticulture* **25**:239-249.
- Seneviratne SI, Corti T, Davin E, Hirschi M, Jaeger EB, Lehner I, Orlowsky B, Teuling AJ. 2010. Investigating soil moisture-climate interactions in a changing climate. *Earth-Science Reviews* **99**:125-161.
- Seyfried MS, Murdock MD. 2004. Measurement of soil water content with a 50-MHz soil dielectric sensor. *Soil Science Society of America Journal* **68**:394-403.
- Sheikh V. 2006. *Soil Moisture Prediction. Wageningen.*
- Schneider K, Hujsman JA, Breuer L. 2008. Temporal stability of soil moisture in various semi-arid steppe ecosystems and its application in remote sensing. *Hydrology* **359**:16-29.
- Siczek A, Frac M. 2012. Soil microbial activity as influenced by compaction and straw mulching. *Intl. Agrophysics* **26**:65-69.
- Simunek J, Angulo – Jaramillo R, Schaap MG. 1998. Using an inverse method to estimate the hydraulic properties of crusted soils from tension-disc infiltrometer data. *Geoderma* **86**:61-81.
- Skjemstad JO, Baldock JA. 2008. Total and organic carbon. Pages 225-237 in: Carter MR, Gregorich EG, editors. *Soil Sampling and Method of Analysis. Canadian Society of Soil Science, Taylor & Francis Group, Boca Raton.*
- Sousa JG, Cherubin MR. 2017. Feigl sugar cane straw left in the field during harvest: decomposition dynamics and composition changes. *Soil res* **55**: 758-76.
- Sun H, Ma LR, Wang YM, Zhou BC, Liu WH, Cai CC, Zhou W. 2020. Determining the dry boundary of the LST/FVC space for soil moisture monitoring: a semi-empirical method. *International journal of remote sensing* **41**: 3723-3739.
- Svoboda J. 2009. *Kompletní návod k vytvoření ekozahrady a rodového statku. Smart Press, Praha.*
- Ševčíková M, Kašparová J. 2007. *Obnova stanovišť narušených lidskou činností. Úroda, Praha.*
- Špička A. 1964. *Vlastnosti půdy a její zpracování. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.*

- Tan S, Wang Q. 2017. Evaluating effects of four controlling methods in bare strips on soil temperature, water, and salt accumulation under film-mulched drip irrigation. *Field crops research* **214**:350-358.
- Thakur M, Kumar R. 2021. Mulching: Boosting crop productivity and improving soil environment in herbal plants. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants* **20**:2-10.
- TOMST s.r.o. 2019a. Měřicí systém TMS. TOMST. Available from <https://tomst.com/web/cz/systemy/tms/> (accessed February 2019).
- TOMST s.r.o. 2019b. TOMST Measurement System TMS – manuál. TOMST. Available from http://tomst.com/Download/TMS_navod.pdf (accessed February 2019).
- Topp GC, Zegelin S, White I. 2000. Impacts of the real and imaginary components of relative permittivity on Time Domain Reflectometry measurements in soil. *Soil Science Society of America Journal* **64**:1244-1253.
- Váchová K. 2019. Kalibrace senzorů pro měření půdní vlhkosti. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Visconti F, De Paz JM, Martínez D, Molina MJ. 2014. Laboratory and field assessment of the capacitance sensors Decagon 10HS and 5TE for estimating the water content of irrigated soils. *Agricultural Water Management* **132**:111-119.
- Vopravil J. 2011. Půda a její hodnocení ČR. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.
- Weaver JE. 1919. *The Ecological Relations of Roots*. Carnegie Institution of Washington Publications, Washington.
- Wen Yi Chia et al., 2020. Sustainable utilization of biowaste compost for renewable energy and soil amendments. *Environmental pollution* **267**:71-84.
- Wild J, Kopecký M, Macek M, Šanda M, Jankovec J, Haase T. 2019. Climate at ecologically relevant scales: A new temperature and soil moisture logger for long-term microclimate measurement. *Agricultural and Forest Meteorology* **268**:40-47
- Wood EF, Lettenmaier DP. 1992. A land-surface hydrology parameterization with subgrid variability for general circulation models. *J. Geophys Res.* **97**:2717-2728.
- Wraith JM, Or D. 1999. Temperature effects on soil bulk dielectric permittivity measured by time domain reflectometry: experimental evidence and hypothesis development. *Water Resources Research* **35**:361-369.
- Zbírál J. 2002. *Analýza půd I – Jednotné pracovní postupy*. ÚKZÚZ, Brno.

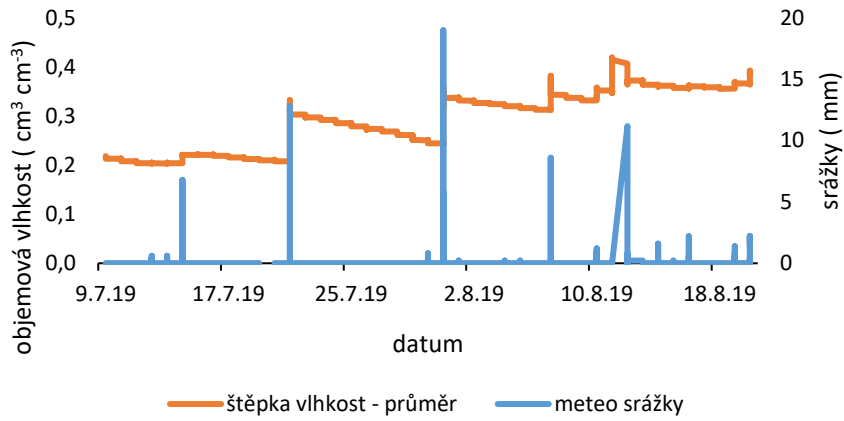
8 Seznam obrázků

Obrázek 1 Rozdělení druhů mulčovacího materiálu (upraveno podle Thakur et al. 2021). ...	14
Obrázek 2 (a) Sádrové bloky Soilmoisture 5201F1, (b) Čtecí jednotka Soilmoisture 5910F1 (www.ekotechnika.cz).	19
Obrázek 3 Model 4300 Soil Moisture Gauge (www.troxlerlabs.com).	20
Obrázek 4 Mapa místa odběru (geoportal.gov.cz).	22
Obrázek 5 Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd dle taxonomického klasifikačního systému (www.nrcs.usda.gov)	25
Obrázek 6 Jednotlivé experimentální parcelky (autor Ing. Miroslav Fér, Ph.D.).	29
Obrázek 7 Vlhkostní senzor TMS4.	30
Obrázek 8 Experimentální pozemky v zimním období (vlastní fotodokumentace).	32
Obrázek 9 Zrnitostní křivka půdy.	35
Obrázek 10 Měřené vlhkosti pro všechny varianty za celé sledované období od roku 2018 do roku 2020.	36
Obrázek 11 Měřené teploty pro všechny varianty za celé sledované období od roku 2018 do roku 2020.	37
Obrázek 12 Měřené teploty pod různými povrchy během periody sucha od 19.6.2019 do 12.7.2019.	37
Obrázek 13 Měřené teploty pod různými povrchy během vlhké periody od 9.7.2019 do 20.8.2019.	38
Obrázek 14 Průměrné hodnoty srážek a objemové vlhkosti v období sucha.	39
Obrázek 15 Průměrné hodnoty srážek a objemové vlhkosti v období dešťů.	40
Obrázek 16 Kumulativní přírůstek objemové vlhkosti.	41

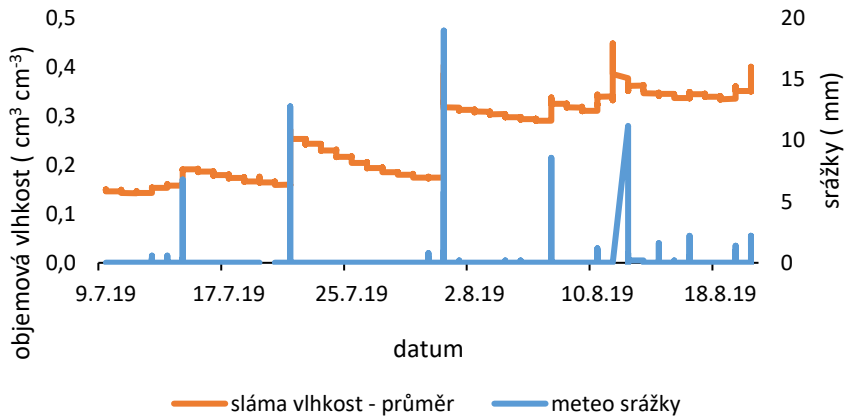
9 Seznam tabulek

Tabulka 1 Klasifikační stupnice zemin dle Nováka (Jandák et al. 2010).	23
Tabulka 2 Hodnotící stupnice pro pH (H ₂ O) (Zbiral 2002).	26
Tabulka 3 Hodnotící stupnice pro pH (KCl) (Zbiral 2002).....	26
Tabulka 4 Hodnotící tabulka pro stanovení salinity (Zbiral 2002).	26
Tabulka 5 Hodnotící stupnice pro stanovení množství organického uhlíku a humusu (Zbiral 2002).	27
Tabulka 6 Tabulka půdních uhličitánů (Zbiral 2002).	27
Tabulka 7 Stanovené hodnoty pro určení zrnitosti.....	34
Tabulka 8 Stanovené hodnoty základních fyzikálních vlastností a jejich směrodatné odchylky.	34
Tabulka 9 Stanovené hodnoty základních chemických vlastností a jejich směrodatné odchylky.	35
Tabulka 10 Maximální a minimální rozdíl objemové vlhkosti ve vlhké periodě.	40
Tabulka 11 Maximální a minimální rozdíl teplot ve vlhké periodě.	40
Tabulka 12 Maximální a minimální rozdíl objemové vlhkosti v suché periodě.	40
Tabulka 13 Maximální a minimální rozdíl teplot v suché periodě.....	41

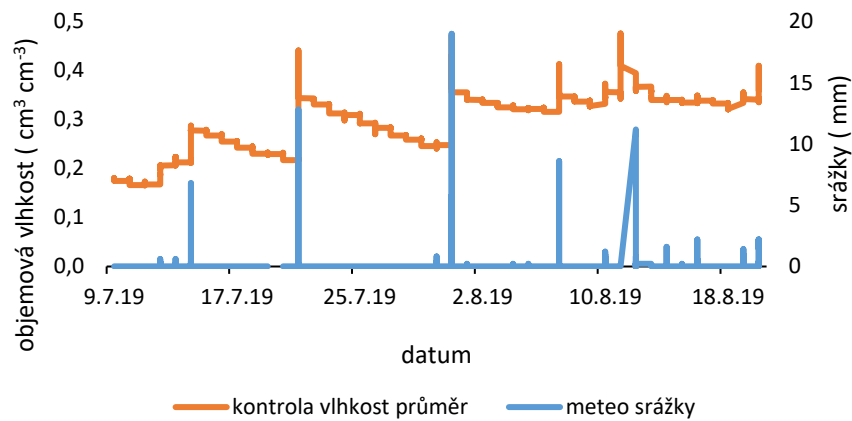
10 Samostatné přílohy



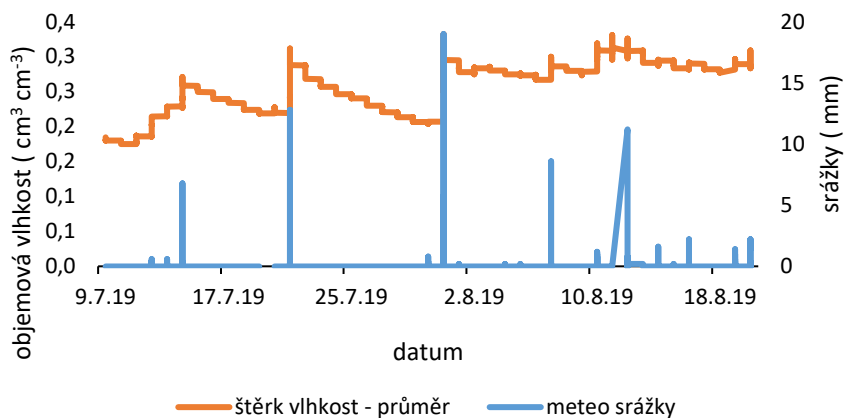
Příloha 1 Objemová vlhkost půdy změřená pod štěpkou pro období dešťů.



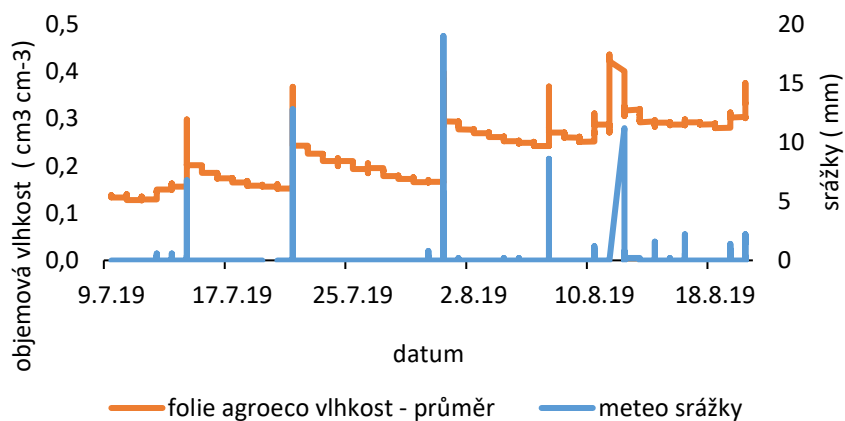
Příloha 2 Objemová vlhkost půdy změřená pod slámou pro období dešťů.



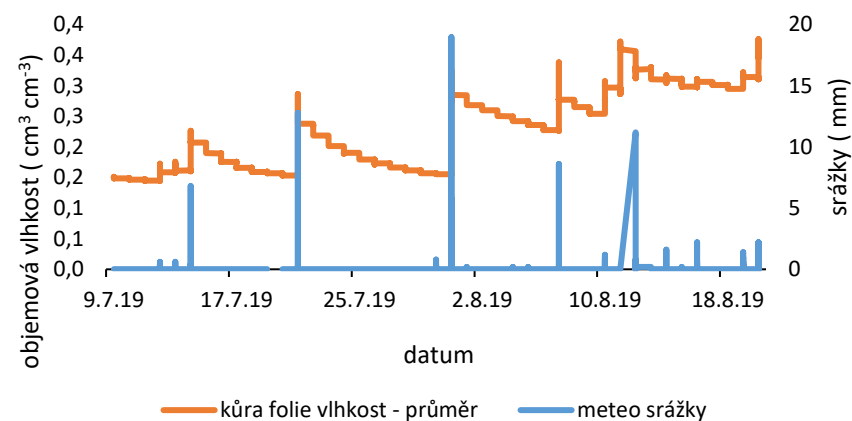
Příloha 3 Objemová vlhkost půdy změřená pod kontrolou pro období dešťů.



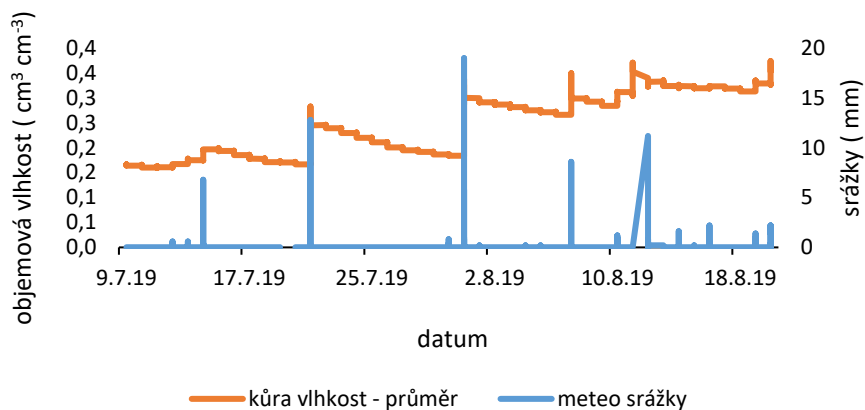
Příloha 4 Objemová vlhkost půdy změřená pod štěrkem pro období dešťů.



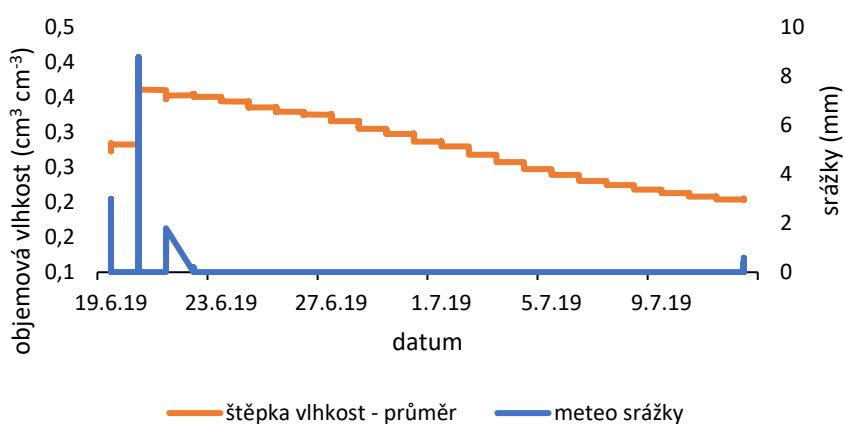
Příloha 5 Objemová vlhkost půdy změřená pod fólií agroeco pro období dešťů.



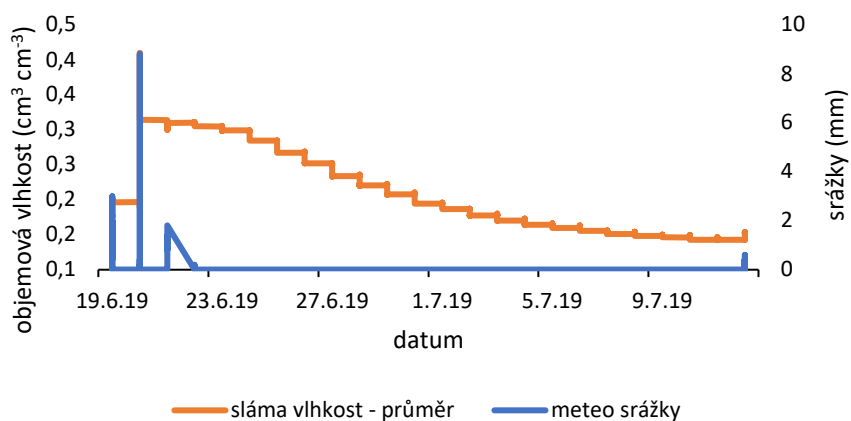
Příloha 6 Objemová vlhkost půdy změřená pod kůrou fólií pro období dešťů.



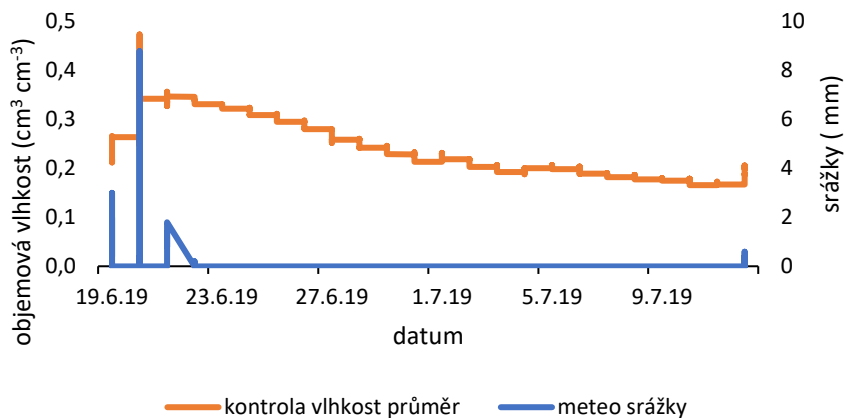
Příloha 7 Objemová vlhkost půdy změřená pod kůrou pro období dešťů.



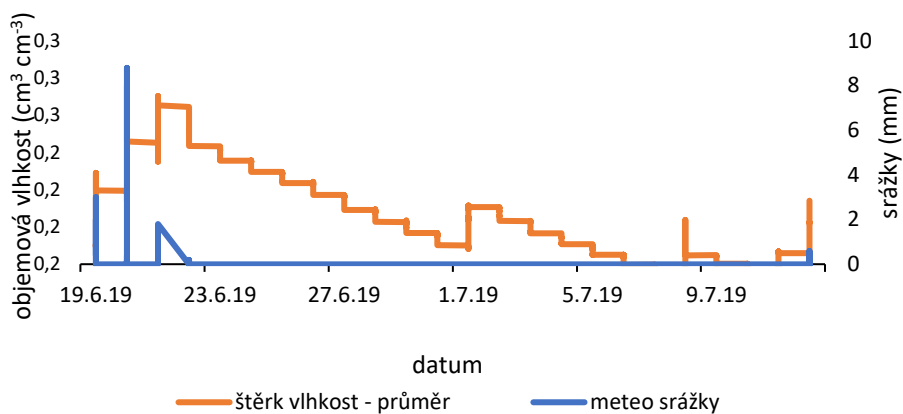
Příloha 8 Objemová vlhkost půdy změřená pod štěpkou pro období sucha.



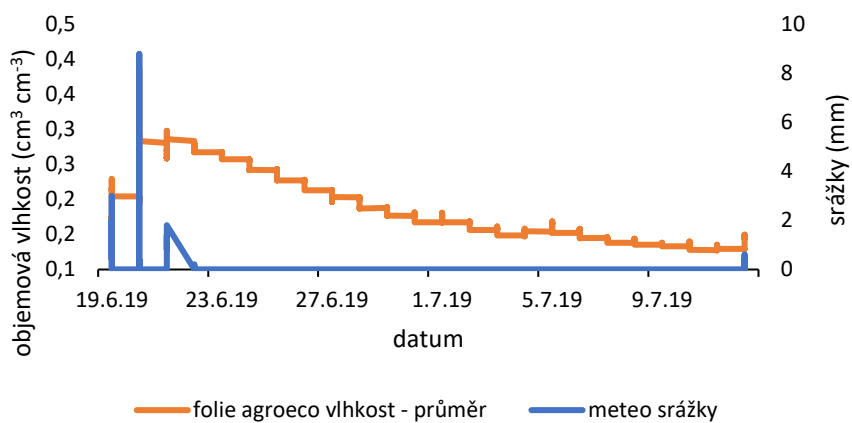
Příloha 9 Objemová vlhkost půdy změřená pod slámou pro období sucha.



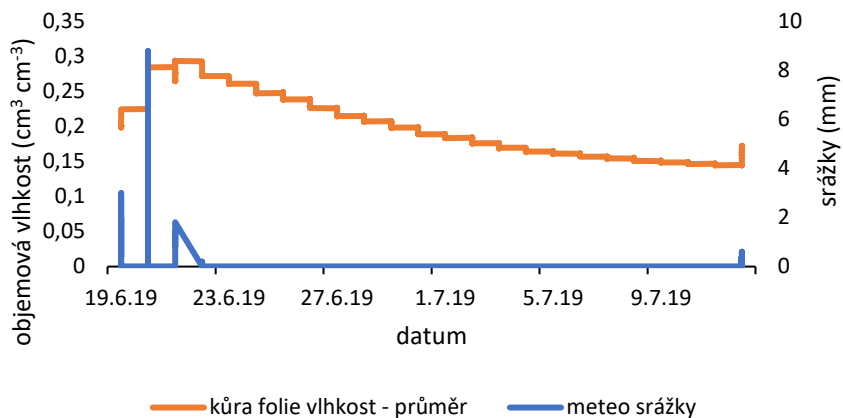
Příloha 10 Objemová vlhkost půdy změřená pod kontrolou pro období sucha.



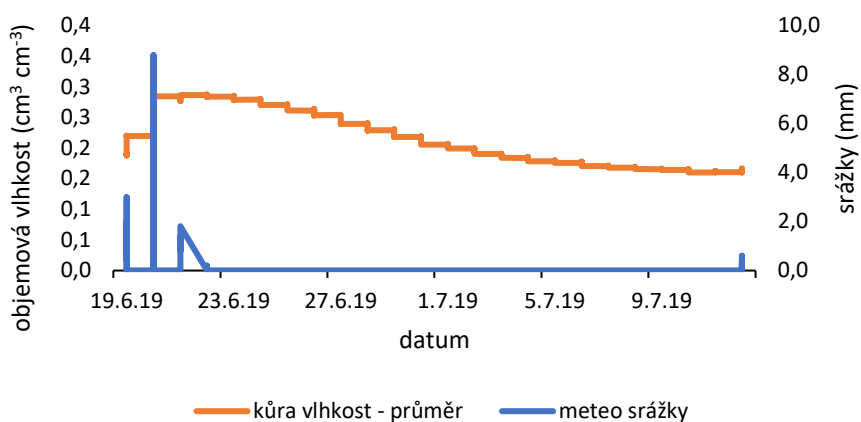
Příloha 11 Objemová vlhkost půdy změřená pod štěrkem pro období sucha.



Příloha 12 Objemová vlhkost půdy změřená pod fólií agroeco pro období sucha.



Příloha 13 Objemová vlhkost půdy změřená pod kůrou fólií pro období sucha.



Příloha 14 Objemová vlhkost půdy změřená pod kůrou pro období sucha.