

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE LESA



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**VLIV ZAVÁDĚNÍ PAŘEZINOVÉHO HOSPODAŘENÍ NA LESNÍ
MIKROKLIMA**

**THE EFFECTS OF COPPICE ESTABLISHMENT ON FOREST
MICROCLIMATE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Radim Matula, Ph.D.

BAKALANT: Jakub Žilák

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jakub Žilák

Environmentální vědy
Aplikovaná ekologie

Název práce

Vliv zavádění pařezinového hospodaření na lesní mikroklima

Název anglicky

The effects of coppice establishment on forest microclimate

Cíle práce

Pařezení je tradiční způsob hospodaření, který se stále častěji zavádí v lesích zejména v teplejších oblastech České republiky. Hlavním důvodem je, že pařeziny (les nízký a střední) umožňují rychlou produkci dřevní biomasy a zároveň zvyšují biodiverzitu. Převod lesa vysokého na pařeziny však znamená drastickou změnu struktury lesa, což vede i ke změně klimatických podmínek v podrostu lesa, avšak empirické informace o vlivu pařezení na lesní mikroklima (a jeho variabilitu) doposud chybějí. Cílem práce tak bude zjistit, jak změna lesa vysokého na pařeziny ovlivní půdní vlhkost a teploty v podrostu lesa.

Metodika

Ze sítě experimentálních ploch tradičních pařezin v České republice budou vybrány alespoň tři s aktivním pařezením a k nim (kontrolní) plochy vysokého lesa ve stejných přírodních podmínkách ideálně v těsné blízkosti každé z vybraných pařezin. Do vybraných porostů pak budou instalována automatická mikroklimatická čidla TMS4 (budou poskytnuta školitelem), která v pravidelném intervalu 15 minut budou zaznamenávat teplotu vzduchu, teplotu půdy a půdní vlhkost. Čidla budou během vegetační sezóny pravidelně kontrolována a data budou průběžně stahována. Nad každým čidlem bude zhotovena hemisférická fotografie pro zachycení pokryvnosti stromového patra.

Kontrola, čištění dat a statistické analýzy budou provedeny v programu R. Z dat budou vypočítány průměry a variabilita teplot a půdní vlhkosti pro vybraná časová období (den, měsíc, vegetační sezóna atd.). Tyto hodnoty pak budou vstupovat do statistických analýz jako závislá proměnná. Jako nezávislé proměnné budou použity kategorie lesa (pařezina/les vysoký), strukturní parametry lesa (v okolí čidel) a pokryvnost stromového patra. Případné další proměnné pak budou přidány v průběhu měření a analýz. K tématu bude vypracována literární rešerše.

Doporučený rozsah práce

35 stran textu

Klíčová slova

pařezinové hospodaření, výmladkový les, mikroklima, sucho

Doporučené zdroje informací

- Aussenac G (2000) Interactions between forest stands and microclimate: Ecophysiological aspects and consequences for silviculture. *Ann For Sci* 57:287–301.
- Chen J, Saunders SC, Crow TR, et al (2006) Microclimate in Forest Ecosystem and Landscape Ecology. *Bioscience* 49:288–297.
- Matula R, Svátek M, Kůrová J, et al (2012) The sprouting ability of the main tree species in Central European coppices: implications for coppice restoration. *Eur J For Res* 131:1501–1511.
- Matula R, Šrámek M, Kvasnica J, et al (2019) Pre-disturbance tree size, sprouting vigour and competition drive the survival and growth of resprouting trees. *For Ecol Manage* 446:71–79.
- Müllerová J, Hédl R, Szabó P (2015) Coppice abandonment and its implications for species diversity in forest vegetation. *For Ecol Manage* 343:88–100
- Stojanović M, Sánchez-Salguero R, Levanič T, et al (2017) Forecasting tree growth in coppiced and high forests in the Czech Republic. The legacy of management drives the coming *Quercus petraea* climate responses. *For Ecol Manage* 405:56–68.
- Unrau A, Becker G, Spinelli R, et al (2018) Coppice Forests in Europe. University of Freiburg
- Vild O, Roleček J, Hédl R, et al (2013) Experimental restoration of coppice-with-standards: Response of understorey vegetation from the conservation perspective. *For Ecol Manage* 310:234–241.
-

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Radim Matula, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Konzultant

Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 10. 6. 2019

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 24. 6. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 30. 06. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: *Vliv zavádění pařezinového hospodaření na lesní mikroklima* vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

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

V Praze dne:

Podpis autora:

Poděkování

Rád bych poděkoval především Ing. Radimovi Matulovi, Ph.D., za odborné vedení a neocenitelnou pomoc při zpracování mé bakalářské práce. Dále Ing. Markovi Mejtříkovi za pomoc při sběru dat v terénu a poskytnutí cenných informací. Nakonec také své rodině a mé přítelkyni za důležitou podporu během celého studia.

Abstrakt

Zavádění pařezin jako tradičního hospodaření v lesích je v současné době stále populárnější. Jsou totiž schopné rychle produkovat dřevní biomasu a zároveň pozitivně ovlivnit biodiverzitu. Chybí však informace o tom, jak převod lesa vysokého na pařeziny ovlivní mikroklimatické podmínky v podrostu lesa. Cílem této práce tedy je zjistit, jak změna struktury lesa při zavádění pařezin ovlivní lesní mikroklima. Bylo proto vybráno několik experimentálních ploch tradičních pařezin spolu s kontrolními plochami lesa vysokého v těsné blízkosti. Umístila se zde mikroklimatická čidla TMS4, která v pravidelných intervalech zaznamenávala teploty půdy, vzduchu a objemové půdní vlhkosti. Zpracování dat a statistické analýzy byly provedeny v programu R. Z výsledků práce vyplynulo, že otevření struktury lesa zavedením pařezin mikroklima ovlivňuje. Obecně byly pařeziny oproti lesu vysokému více variabilnější v teplotních podmínkách, docházelo zde k větším teplotním extrémům, především v letním období. Potvrdilo se tedy, že les vysoký si díky hustějšímu stromovému patru udržuje stálejší teploty, které oproti otevřenějším oblastem méně kolísají. Výsledky v případě vlhkosti půdy byly méně jednoznačné a mezi lokalitami se lišily. Ke zjištění příčin je třeba provést další podrobnější analýzy, které zahrnou další parametry v okolí mikroklimatických sond.

Klíčová slova: pařeziny, mikroklima, sucho, výmladkové hospodaření

Abstract

Establishment of coppice forests as traditional forest management is now increasingly popular. They can quickly produce wood biomass and at the same time have a positive effect on biodiversity. However, there is a lack of information on how the conversion of high forest to coppice will affect microclimatic conditions of understorey. The aim of this work is to find out how the establishment of coppice management will affect the forest microclimate. Therefore, several experimental areas of traditional coppice were selected together with control areas of the high forest in close proximity. TMS4 microclimatic sensors were placed here, which recorded temperature of soil, air and soil moisture at regular intervals. Data processing and statistical analysis were performed in program R. The results showed that the opening of the forest structure by coppice establishment affects the microclimate. In general, coppice were more variable in temperature conditions than in high forest: there were larger temperature extremes, especially in summer. It was confirmed that the high forest maintains more stable temperatures thanks to the denser canopy, which fluctuates less compared to more open areas. The results in terms of soil moisture were less unambiguous and varied between sites. To determine the causes, further, more detailed analyzes need to be performed, which will include other parameters around the microclimatic sensors.

Keywords: coppice, microclimate, drought, coppice management

Obsah

1 Úvod	10
2 Cíle práce.....	11
3. Literární rešerše	11
3.1 Mikroklima v lesním ekosystému.....	11
3.2 Výmladkové hospodaření	13
3.2.2 Vymezení výmladkového hospodaření.....	14
3.2.4 Dřeviny vhodné pro pařezání.....	16
3.3 Dopad úbytku pařezin na biodiverzitu	17
3.3.1 Druhová rozmanitost výmladkových lesů	17
4 Metodika	19
4.1 Charakteristika experimentálních ploch pařezin v rámci CHKO Český kras.....	19
4.1.1 Lokalita na Voskopě	20
4.1.2 Lokalita Za Lípou	21
4.1.3 Lokalita Na Pláních	21
4.2 Plochy pařezin v rámci projektu TARMAG	22
4.2.1 Experimentální plocha Hády	22
4.2.2 Experimentální plocha Soběšice	23
4.3 Práce s daty získaných pomocí sond TMS 4.....	23
4.3.1 Dataloggery TMS 4	23
4.3.2 Postup terénních prací.....	24
4.3.3 Zpracování dat	24
4.3.4 Analýza dat.....	25
5 Výsledky práce	25
5.1 Výsledky z plochy Hády	25
5.1.1 Půdní vlhkost v celém období.....	25
5.1.3 Půdní vlhkosti v letních obdobích	26
5.1.4 Teplota půdy	27
5.1.5 Teplota na povrchu půdy	27
5.1.6 Teplota vzduchu	28
5.1.7 Maximální denní teploty	28
5.1.8 Maximální denní teploty v letních obdobích	30
5.1.9 Porovnání průměrných měsíčních hodnot.....	33
5.2 Výsledky z plochy Soběšice	37
5.2.1 Půdní vlhkost.....	37
5.2.3 Půdní vlhkosti v letním období	37

5.2.4 Teplota půdy	38
5.2.5 Teplota na povrchu půdy	39
5.2.6 Teplota vzduchu	39
5.2.7 Maximální denní teploty	40
5.2.8 Maximální denní teploty v letním období.....	41
5.2.9 Porovnání průměrných měsíčních hodnot.....	45
5.3 Výsledky z plochy Na Voskopě	49
5.3.1 Půdní vlhkost v celém období	49
5.3.2 Půdní vlhkost v letním období	49
5.3.4 Teplota půdy	50
5.3.5 Teplota na povrchu	50
5.3.6 Teplota vzduchu	51
5.3.7 Maximální denní teploty	51
5.3.8 Porovnání průměrných měsíčních hodnot.....	52
5.4 Výsledky z plochy Za lípou	56
5.4.1 Půdní vlhkost v celém období	56
5.4.3 Půdní vlhkost v letním období	56
5.4.4 Teplota půdy	57
5.4.5 Teplota na povrchu	57
5.4.6 Teplota vzduchu	57
5.4.7 Maximální denní teploty	58
5.4.8 Porovnání průměrných měsíčních hodnot.....	59
5.5 Výsledky z plochy Na pláních	63
5.5.1 Půdní vlhkost v celém období	63
5.5.2 Půdní vlhkost v letním období	63
5.5.3 Teplota půdy	64
5.5.4 Teplota na povrchu	64
5.5.5 Teplota vzduchu	64
5.5.6 Maximální denní teploty	65
5.5.7 Porovnání průměrných měsíčních hodnot.....	66
6 Diskuse	70
7 Závěr a přínos práce.....	72
8 Přehled literatury a použitých zdrojů	73
9 Přílohy	78

1 Úvod

Pařeziny představují nejstarší způsob hospodaření v evropských lesích. Naši předci je využívali k rychlé produkci dřevní biomasy, která jim sloužila jako zdroj energie. Vlivem ekonomických a technologických změn a dostupnosti fosilních paliv byly pařeziny opuštěny nebo nahrazeny lesem vysokým, který poskytoval dřevní hmotu větších objemů v rovných kmenech. (Unrau et al, 2018). Na základě ekologického výzkumu se ale ukazuje, že se zánikem výmladkových lesů došlo také k rapidnímu snížení biodiverzity. Pařeziny, především pak ty ve tvaru středního lesa, poskytovaly organismům heterogenní prostředí, ve kterém vedle sebe žily druhy s odlišnými nároky na světlo nebo vlhkost (Konvička M. et al, 2006). Střídání stinných a osluněných ploch tak způsobovalo vyšší druhovou bohatost (Strubelt et al, 2019).

Po opuštění pařezin došlo vlivem sukcesního vývoje k uzavření stromového patra a světlé plochy byly zastíněny a zarůstaly (Van Calster et al 2008 b). Dle současných poznatků tedy pařeziny představují druhově velmi bohatá stanoviště. Díky svým vlastnostem mohou dokonce poskytnout odolnější prostředí vůči nynějším klimatickým změnám, které jsou výrazným tématem moderní doby (Unrau et al, 2018)

Obnovením pařezin v porostech, kde se dříve takto hospodařilo, dojde opět k výraznému zvýšení druhové rozmanitosti (Strubelt et al, 2019). Tato změna hospodaření představuje poměrně drastický zásah do podoby lesa. Chybí zde ale poznatky o tom, jak taková změna struktury ovlivní mikroklimatické podmínky podrostu lesa.

Mikroklima v lese ovlivňuje řadu důležitých procesů jako je fotosyntéza nebo transpirace (Aussenac, 2000). Vliv má také na půdní respiraci a samotný růst a regeneraci rostlin (Perry, 1994). V lese jsou mikroklimatické podmínky specifické tím, že lesní porost vyrovnává rozdíly teplot oproti otevřeným oblastem, nedochází zde tedy k tak extrémním výkyvům teplot. Tyto podmínky se mění v závislosti na struktuře stromového patra, které způsobuje zastínění podrostu a ovlivňuje i vlhkostní poměry (Aussenac, 2000)

V době klimatických změn a opakujících se období sucha jsou poznatky o mikroklimatu nepochybně důležité. Tato práce se tedy zabývá otázkou, jak se obnovou pařezin změní mikroklima podrostu v porovnání s lesem vysokým.

2 Cíle práce

Cílem bakalářské práce bylo zjistit, jak změna struktury lesa při převodu lesa vysokého na les nízký a střední ovlivní mikroklima. Konkrétně bylo cílem studovat vliv těchto převodů na půdní vlhkost, teplotu půdy, teplotu na povrchu půdy a teplotu vzduchu. Vybráno bylo několik ploch na území České republiky s aktivním pařezáním a k nim kontrolní plochy lesa vysokého v těsné blízkosti pro zachování stejných přírodních podmínek.

3. Literární rešerše

3.1 Mikroklima v lesním ekosystému

V lesním ekosystému panují specifické mikroklimatické podmínky, které ovlivňuje vzájemné působení struktury a kompozice lesního porostu, fyziologických procesů zde probíhajících a celkového klimatu dané oblasti (Aussenac, 2000). Geiger (1965) definuje mikroklima jako lokální klimatické podmínky, které jsou měřeny blízko povrchu země. Mezi proměnné, které jsou v tomto kontextu v lese zkoumány a měřeny, řadíme především vzdušnou teplotu u povrchu země, teplotu a vlhkost půdy a světelné podmínky (Aussenac, 2000).

Mikroklima jako takové hrálo důležitou roli již v historii, kdy například sezónní změny teplot a srážek ovlivňovali plánování zemědělských aktivit lidí v Číně už před více jak 2600 lety (Chen et al, 1999). Dnešní výzkum potvrzuje jeho významnost také v ovlivňování základních ekologických procesů jako je například růst a regenerace rostlin nebo půdní respirace (Perry, 1994)

Jak uvádí Aussenac (2000), lesní porost svou strukturou a fyzickými vlastnostmi mikroklima výrazně mění a ovlivňuje. Největší vliv mají stanoviště s dospělými stromy s uzavřeným stromovým patrem a vysokým indexem listové plochy (LAI). Dopad zásahů člověka konkrétními typy lesního managementu na mikroklima podrostu tak závisí na tom, jak tento zákrok ovlivní otevřenost stromového patra, a právě index listové plochy.

LAI představuje důležitou proměnou pro charakteristiku stromového patra a je definována jako polovina celkové plochy listů na jednotku povrchu země. Použití poloviny celkové plochy v této definici řeší skutečnost, že listy v korunách stromů jsou orientovány v různých směrech. Použitím celkové oblasti v jednom směru by nepokrylo všechny potřebné informace, je tedy použita polovina celkové plochy, která

je v konečném důsledku právě dvojnásobkem průměru celkové plochy pro všechny sklony úhlů listů (Chen et al, 1997).

LAI pomáhá odhadnout velikost povrchu ve stromovém patře, který transpiruje a fotosyntetizuje, a také povrchu, který odráží světlo, tedy kolik světla je korunami stromů schopno proniknout. K těmto odhadům se používají metody přímé a nepřímé. Pro potřeby této práce postačí uvést metodu pořízení hemisférické fotografie, která patří mezi postupy nepřímé (Chen et al, 1997). Tato metoda využívá fotografií, na kterých je zachycené stromové patro směrem od povrchu země velmi širokým úhlem (Evans a Coombe, 1959). Výhoda této metody je, že na rozdíl od metod přímých není třeba destruktivního sběru listů.

Stromové patro svou podobou a velikostí indexu listové plochy tedy přímo upravuje množství slunečního záření, které proniká skrze koruny stromů na povrch země. Při změně míry prosvětlení lesa dochází ke změnám v teplotách půdy a vzduchu v podrostu lesa (Von Arx, 2013). U vzdušné teploty tento vliv není tak markantní, protože vzduch je mobilní a různě se promíchává se vzduchem okolních otevřených oblastí (Morecroft et al, 1998). Aussenac (2000) uvádí, že v lesích obecně platí pravidlo, podle kterého pokryv vyrovnává denní i sezónní rozdíly v teplotě oproti otevřeným oblastem. Znamená to, že během dne zde teplota méně stoupá a během noci zase méně klesá.

Teplota vzduchu i teplota a vlhkost půdy v podrostu lesa významně ovlivňuje úspěšnost a přežití mladých semenáčků. Ti jsou na změny teplot náchylní hlavně do doby, než se jim zcela vyvine kořenový systém (Aussenac, 2000). Pokud jsou vystaveni nepříznivým teplotním podmínkám, mnoho semenáčků odumírá ve své počáteční fázi již do několika hodin (Harper, White, 1974). Tyto podmínky nemají vliv jen na samotný růst a přežití rostlin, jsou důležité i pro procesy jako je fotosyntéza nebo transpirace. Při teplotě půdy menší jak 7 °C se tyto procesy zpomalují, Aussenac (2000) uvádí pravděpodobný důvod zvýšenou viskozitu vody při této teplotě.

Hustota lesního pokryvu má také přímý vliv na vlhkost půdy. V oblastech s hustějším lesním porostem se totiž voda z půdy vyčerpává daleko rychleji než v oblastech s méně hustým nebo žádným lesním porostem. Obecně lze tedy říci, že lesy mají větší míru evapotranspirace než jiné druhy vegetace a při každém zásahu, který zredukuje porost a otevře stromové patro, dochází k redukci spotřebované vody (Aussenac, 2000).

3.2 Výmladkové hospodaření

3.2.1 Historie a vývoj

Člověk svým osídlováním krajiny a hospodařením významně spoluutvářel podobu evropských lesů (Buckley, 1992). V historicky člověkem dlouho osídlených oblastech je antropogenní vliv považován za klíčový faktor, který se podílel na struktuře a druhovém rozložení lesních porostů (Decocq et al., 2004)

Nejstarší formou jistého soustavně vykonávaného lesního managementu v Evropě jsou takzvané pařeziny. Často farmáři a lidé na venkově tímto způsobem hospodařili v lesích v těsné blízkosti svého obydlí. Neměli totiž potřebné technologické zázemí pro přepravu velkých a těžkých klád. Dřevo, které v pařezinách naši předci produkovali, bylo využíváno zejména jako palivo nebo stavební materiál. Používali k tomu ručních nástrojů a těžili především mladé dřevo menších rozměrů. Sbírali i listy těchto stromů, kterými pak krmili svá hospodářská zvířata (Unrau et al, 2018). Hlavní výhodou pro ně bylo, že měli okamžitě dostupné dříví na podpal i bez nějakých velkých vstupů či velkého úsilí a složitého hospodaření. Výmladky byly obvykle svázané do malého svazku, který se nazýval otep. Uplatnili k tomu přitom zcela přirozenou vlastnost některých druhů stromů regenerovat výmladností, tedy že po seřezání stromu u země z pokáceného pařezu vyrůstají nové výmladky, které lze poté dále opakovaně seřezávat v poměrně krátkých obmytích. V případě potřeby stavebního dřeva, zejména rovných a dlouhých kmenů, byly nejčastější formou lesa udržovány takzvané pařeziny s výstavky, také známy jako střední les. Zde se kombinovaly stromy ze semen, které se nechaly dorůst potřebné výšky a rozměrů, spolu s pařezinami (Szabo et al, 2015).

V rané fázi vývoje průmyslu bylo stále třeba dřeva jako hlavního stavebního materiálu. Tím se poptávka po dřevě tam, kde nová odvětví průmyslu vznikala, ještě zvýšila. V okolí center průmyslu se tak nacházelo mnoho pařezin. Změna nastala až kolem poloviny 18. století, kdy se díky těžbě uhlí a novým technologiím stala přeprava a využití fosilních paliv efektivní a už se oproti těžbě dřeva vyplatila. Od té doby byly zakládány vysoké často jehličnaté lesy, které zajišťovaly dlouhé rovné kmeny na stavební účely (Unrau et al, 2018). Tento proces vedl až k současnému stavu, kdy po druhé světové válce byla většina oblastí s pařezinami buď opuštěna nebo nahrazena lesem vysokým (Müllerová et al, 2015).

Na našem území jsou pařeziny dokumentovány díky historickým záznamům již od dob středověku. Müllerová et al (2014) zmiňuje první písemný doklad o pařezinách z roku 1384. Konkrétně šlo o oblast dnes chráněné krajinné oblasti Pálava. Szabo et

al (2015) využil jako zdroj historický údajů takzvané zemské desky. Byly to dokumenty zahrnující informace o tehdejších soudních procesech a majetkových vztazích. Podle nich zde byly lesy v době středověku vlastněny hlavně šlechtou. V tomto období se zde nepoužívaly výstavky a doba obmytí byla jen 7 let, zejména kvůli požadavkům dřeva na podpal. V průběhu 17. století se již doba obmytí prodlužovala spolu s poklesem poptávky po tomto dřevě, činila již 11–13 let (Müllerová et al, 2014).

Na rozdíl od jiných autorů Müllerová et al (2014) podotýká, že na našem území za opuštěním pařezin v polovině 20. století nestojí jen úbytek poptávky díky fosilním palivu, ale také pohnutky nastupujícího komunistického režimu, který chtěl vypudit německy mluvící obyvatelstvo a zabavoval soukromé pozemky.

V současné době se pařezinám díky výzkumu a vědeckým studiím navrácí pozornost. Mezi hlavní důvody patří debaty o změnách klimatu, kdy se poměrně levná a rychle produkovaná biomasa jeví jako obnovitelný zdroj energie. Další argumenty přinášejí ekologické výzkumy, které dokazují, že výmladkový les je odolný a cenný ekosystém z hlediska ochrany přírody a zachování biodiverzity. Poskytuje často útočiště chráněným a ohroženým druhům rostlin a živočichů. Posledním argumentem je také zlepšení ekonomické situaci ve venkovských oblastech, kde by pařeziny přinesly zdroj zaměstnání a příjmů (Unrau et al, 2018).

3.2.2 Vymezení výmladkového hospodaření

Hospodaření formou pařezin je možné díky schopnosti některých druhů dřevin znovu obnovit svůj růst po pořezení nebo poškození tak, že z pařezu nebo kořenů vyrazí nové výmladky. V praxi to znamená, že strom je pořezen u země a ponechán, aby obnovil svůj růst novými výmladky. Tím se při opakovaném kácení vytvoří strom s více kmínky vyrůstajících ze společné základny. Skupina takových stromů se pak nazývá pařezina. Rozlišuje se více druhů výmladkového hospodaření, například ve tvaru nízkého lesa, ve tvaru středního lesa nebo metodou nazývanou v angličtině „selection coppice“ (Unrau et al, 2018).

Nízký les se obhospodařuje jako stejnověký a jednopatrový výmladkový les pro dřevo menších rozměrů na materiál a palivo. Pařeziny jsou těženy v kratších pravidelných obmytích, záleží ale na druhu dřeviny a lokalitě kde je tímto způsobem hospodařeno. Speciálním případem jsou výmladkové plantáže, v angličtině „short rotation coppice“ (SRC), kdy se výmladky ponechávají výrazně kratší dobu, například 2–4 roky oproti běžné životnosti 10–20 let (Harmer et al, 2004).

Ve středním lese, nebo také v pařezinách s výstavky, jsou ve stromovém patře částečně ponechány stromy ze semen různého stáří, zatímco podrost tvoří klasické pařeziny. Tento management je náročnější na provoz než klasické pařeziny nízkého lesa, je důležité hlídat velikost, početnost a rozmístění výstavků, protože budou mít vliv na produkci prutů z pařezin. Zachovány mohou být také některé staré stromy, kvůli jejich značné přírodní hodnotě a významu, zatímco se stále doplňují mladí jedinci. Dbát je třeba na hustotu rozmístění těchto stromů, aby se zabránilo přílišnému zastínění, které by pařeziny a jejich produkci negativně ovlivňovalo (Unrau et al, 2018)

Tzv. „selection coppice“ je metoda, kdy díky managementu vyrůstají z pařezu kmeny různých velikostí a stáří. Les je totiž rozdělen na části, jejichž počet odpovídá délce obmytí, která je přesně daná dle požadavků na velikost a stáří dřeva. Vždy je v rámci oblasti pořezány ty kmeny, které dosáhnou potřebné velikosti, ostatní se nechávají dorůst. Je to systém málo používaný a vhodný jen pro stínomilné dřeviny. Známý je především z horských oblastí, kdy větší zastínění ochrání půdu před mrazy a erozí. Příkladem může být buk lesní pěstovaný na chudších půdách (Unrau et al., 2018)

Dalším způsobem využití výmladků je pařezání na hlavatých stromech, v angličtině „pollarding“. Hlavatý strom je tvar stromu kdy regenerace neprobíhá na pařezu, ale ve vyšší poloze kmene (Slach T., 2016). Seřezávání probíhá ve vrchní částí stromů, čímž se podpoří vznik nových prutů na vrchu kmene. Důvodem, proč jsou zde stromy seřezávány až ve výšce několik metrů nad zemí oproti klasickým pařezinám, je především ochrana proti okusu zvěře. Opuštěno bylo toto hospodaření hlavně kvůli příliš malým rozměrům produkovaného dřeva a nízké kvalitě, v současnosti je ale stále využíváno například v alejích nebo zahradách. U nás tato metoda využívána není (Unrau et al, 2018).

3.2.3 Přírodní podmínky pro výmladkové lesy

V České republice jsou pro pařeziny nejvhodnější dvě hlavní oblasti, jde o střední část Čech a jihozápadní část Moravy. Vhodné podmínky pro výmladkové lesy panují na přibližně čtvrtině našeho území. Na těchto místech je nicméně nízké zastoupení lesů, od 18 do 25 %, což tvoří jen malou část celkové plochy lesů u nás (Maděra et al, 2017).

Příhodné přírodní předpoklady pro výmladkové lesy lze vztáhnout k vegetačním stupňům. Nejvíce se pařezinám daří v dubovém a bukodubovém vegetačním stupni, tedy tam, kde je převládajícím druhem dřeviny dub. (Slach T., 2016).

Dubový stupeň zahrnuje oblasti v České republice vůbec nejsušší a nejteplejší. Hlavně jde o nížiny a pahorkatiny do nadmořské výšky 300 m s průměrnými teplotami 9 °C a velmi malým ročním úhrnem srážek, průměrně kolem 500 mm. Typické jsou zde černoze a spraše. Mezi hlavní dřeviny přirozených porostů zde patří dub zimní (*Quercus petraea*), dub pýřitý (*Quercus pubescens*) a na Moravě pak také dub cer (*Quercus cerris*). Doplněné jsou javorem babykou (*Acer campestre*) nebo třeba jeřábem břekem (*Sorbus torminalis*) nebo lípou srdčitou (*Tilia cordata*) (Buček A. a Lacina J., 1999).

Bukodubový stupeň charakterizuje oblasti teplé až lehce vlhké s nadmořskou výškou od 200 do 500 m s průměrnou teplotou 8 °C a průměrnými ročními srážkami do 600 mm. Půdy jsou poměrně rozmanité, jde hlavně o kambizemě a luvizemě. Hlavní dřevinou je dub zimní (*Quercus petraea*) s příměsí buku lesního (*Fagus sylvatica*) a habru obecného (*Carpinus betulus*). Doplněné jsou například javorem babykou, lípou srdčitou nebo jilmem habrolistým (Buček A. a Lacina J., 1999)

Je potřeba zmínit, že v obou vegetačních stupních u nás převládá svým podílem přes 60% zemědělská půda. Významný podíl tvoří i zahrady a sady v obou stupních kolem 4 %. V dubovém vegetačním jsou hojné i vinice, které zabírají 4 % plochy. Za to lesy jsou zde zastoupeny velmi málo, zaujímají jen 13% plochy, převážně v podobě oddělených menších oblastí s dubovými pařezinami nebo v podobě porostů říčních niv. Podobný podíl lesů má bukodubový vegetační stupeň, výmladkové a lužní lesy zde představují 14% plochy (Buček A. a Lacina J., 1999).

3.2.4 Dřeviny vhodné pro pařezení

Výmladnou schopnost, jako druh vegetativní regenerace, dřeviny využívají při jejich poškození vlivem různých disturbancí a stresových událostí. Ne všechny druhy toho ale jsou schopny. Dřeviny se mezi sebou v tvorbě výmladků mohou významně lišit (Slach T. et al, 2016). Výmladná schopnost je navíc vlastní převážně krytosemenným dřevinám, u nahosemenných se až na výjimky nevyskytuje. Aby byla dřevina v takové regeneraci úspěšná, musí si tvořit zásoby k obnově růstu a být na disturbance připravená. To ale za cenu toho, že musí udělat kompromis v rychlosti svého růstu a v reprodukci. Dřeviny, které tvoří výmladky, mají menší počet semen a menší počet a horší přežití semenáčků než dřeviny, které výmladky netvoří (Bond, Midgley, 2001) Matula et al (2012) zkoumal pravděpodobnost tvorby výmladků a rychlost jejich růstu u dubu zimního (*Quercus petraea*), habru obecného (*Carpinus betulus*) a lípy malolisté (*Tilia cordata*), tří stěžejních dřevin pro pařeziny střední Evropy. Všechny

druhy podle jeho studie prokázaly dobrou pařezovou výmladnost, kterou ovlivňovala velikost a věk pařezu po pokácení a hustota výstavků. Pravděpodobnost tvorby výmladků se u dubu u pařezů větších rozměrů snižovala, naopak větší dimenze pařezů lípě a habru z hlediska výmladnosti prospívaly. Hustota výstavků měla méně významný vliv.

Mezi další dřeviny s dobrou výmladnou schopností patří jilm habrolistý (*Ulmus minor*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), javor babyka (*Acer campestre*) nebo jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*) (Slach T. et al, 2016).

3.3 Dopad úbytku pařezin na biodiverzitu

3.3.1 Druhová rozmanitost výmladkových lesů

Výmladkový les je z hlediska ochrany přírody významný tím, že představuje heterogenní prostředí a mozaiku stanovišť s vysokou druhovou diverzitou. Zmíněné historické změny v hospodaření způsobily úbytek a opuštění pařezin a jejich nahrazení lesem vysokým. V oblastech, kde se historicky hospodařilo formou výmladkových lesů, se tato změna projevila na rozmanitosti flory a fauny (Müllerova et al, 2015).

Pařeziny díky způsobu hospodaření vytvářely síť prostředí s různými podmínkami blízko sebe na menších rozlohách. Vlivem častějšího obmytí než u lesů vysokých, je ve výmladkových lesích větší počet smýcených mýtín hustěji zapojených na menší ploše. Například světlinové druhy motýlů, které mýtiny obývají a jsou na ně vázané, tak mohou osidlovat nové mýtiny, pokud jejich původní stanoviště zarůstá a stává se pro ně nevhodným (Konvička et al, 2006).

Rozmanitost podrostu přímo ovlivňuje struktura stromového patra a k významnému podpoření biodiverzity přispívá kromě rozvolněnosti také různorodé stáří jednotlivých dřevin (Van Calster et al, 2008a). Také proto byly z hlediska rozmanitosti významné především lesy střední, se dvěma etážemi lesního porostu. Kmeny výstavků byly díky rozvolněnosti horní etáže více osluněné, čehož využívaly různé druhy dnes vzácných brouků, jako páchník hnědý (*Osmoderma eremita*) (Konvička M. et al, 2006). Vyšší dostupnost světla velice prospívala rostlinným druhům v podrostu lesa. Vegetace zde měla větší produkční schopnosti a rychlejší růst, což dokazují studie na experimentálních plochách pařezin (Van Calster et al, 2008b) V podrostu lesa se střídala stanoviště osluněná a zastíněná, podle toho která část byla právě smýcena

a ve které části byl porost vzrostlejší. Vedle sebe tak žily organismy různých nároků na světlo, vlhkost půdy nebo teplotní podmínky. Díky různým světelným podmínkám na mýtině žijí druhy jako perleťovec fialkový (*Boloria euphrosyne*) a bělásek hrachorový (*Leptidea sinapis*), v porostu spodní etáže například hnědásek osikový (*Euphydryas maturna*) a hustější porosty pak obývá okáč jilkový (*Lopinga achine*) Je třeba zdůraznit, že takové podmínky mohou panovat i ve výmladkových lesích menších rozloh a od sebe oddělených, přesto mohou díky své heterogenitě vykazovat vysokou rozmanitost, což je důležité především při současné fragmentaci krajiny. Kromě osluněných kmenů výstavek byla důležitá i pařezová výmladnost podrostu. Pařezy po opakovaných smýceních mohutněly a vytvářely rozložitě pně, které se staly vhodným prostředím pro organismy vázané na staré dřevo, například xylofágní brouky. V současnosti se díky těmto starým pařezům nacházejí i v již opuštěných pařezinách chráněné druhy brouků, jako například roháč obecný (*Lucanus cervus*) (Konvička et al, 2006).

Strubelt et al (2019) potvrzuje významnost pařezin s výstavky z hlediska druhové rozmanitosti. Na experimentálních plochách pařezin jeho práce prokázala, že obnovení středního lesa a tradičního hospodaření výrazně pozitivně ovlivnilo biodiverzitu především cévnatých rostlin. Experiment probíhal v Německu na lokalitách, kde pařezení bylo dříve běžně praktikováno. Díky obnovení pařezin a střídání světlých a stinných fází byl pozorován nárůst v druhové rozmanitosti i v oblastech, kde poměrně vysoká biodiverzita již panovala.

Vliv tradičních forem hospodaření na druhovou rozmanitost podrostu lesa zkoumal také Douđa et al (2016). V oblasti Národní přírodní rezervace na stanovištích teplomilných nížinných světlých dubových lesů bylo obnoveno tradiční hospodaření formou hrabání listů a sečení trávy. Z výsledku studie vyplynulo, že i krátkodobé disturbance vedly k významnému trendu zvyšování druhové rozmanitosti lesního podrostu. Otevřením půdy hrabáním listů se usnadní rostlinám osidlování těchto částí. Z toho plyne jednoznačný přínos zásahů v podobě tradičních způsobů hospodaření pro druhovou pestrost lesů v této oblasti.

Opuštění pařezin nebo jejich převedení na les vysoký postupně způsobilo úbytek druhů vázané na speciální podmínky vytvořené tímto tradičním způsobem hospodaření. Sukcesní vývoj lesa způsobil uzavírání stromového patra, zarůstání otevřených oblastí a zastínění stanovišť světlomilných druhů (Van Calster et al, 2008b; Mullerova et al 2015; Strubelt et al, 2019). Někteří autoři zmiňují ubývání druhové rozmanitosti jako obecný trend všech lesů současnosti, například kvůli zvýšené depozici atmosférického dusíku od 20. let minulého století (Douđa et al,

2016) Autor zdůrazňuje tradiční hospodaření jako prostředek ke zvyšování biodiverzity, namísto ochranných praktik.

Potencionální negativní vliv obnovení pařezin na vegetaci zmínil Vild et al (2013). Při vytěžení velké části stromů a otevřením stromového patra dojde k významnému uvolnění dusíku, který se po celou dobu akumuloval v půdě. To způsobí rychlé šíření nežádoucích ruderalních druhů, které dusík využívají. Není však podle něj jasné, jak dlouho tento efekt trvá, jelikož nárůst ruderalních druhů může být patrný jen bezprostředně po otevření stromového patra. Tuto hypotézu potvrzuje Matula et al (2020), který uvádí, že tento efekt je pouze dočasný. Tento efekt popisuje i Hédli et al (2017). Naopak Strubelt et al (2019) ve své práci na experimentálních plochách pařezin nárůst nitrofilních druhů nepozoroval, připisuje to menší zásobě podzemních vod.

4 Metodika

Pro účely této bakalářské práce bylo mikroklima měřeno v porostech dvou oblastí České republiky – CHKO Český kras a na jižní Moravě na experimentálních plochách TARMAG.

4.1 Charakteristika experimentálních ploch pařezin v rámci CHKO Český kras

Sběr dat probíhal na třech lokalitách, které se nacházejí ve Středočeském kraji na území Chráněné krajinné oblasti Český kras. Oblast se nalézá na území okresů Beroun a Praha – západ, částí zasahuje i do obvodu Praha 5. Významné je toto území především z hlediska geologického vývoje a zachování důkazů o životě v období siluru a devonu. Již od 19. století zde bylo odkryváno množství paleontologických nálezů. Vápencový podklad zde dal vzniknout druhově bohatým stanovištím skalních stepí a listnatých lesů. Dalším faktorem, který dodává území jedinečnosti, jsou krasové a říční fenomény. Díky těmto podmínkám je oblast velmi druhově bohatá, pro některé organismy dokonce jedinou oblastí výskytu v České republice. K ochraně všech přírodních a krajinných hodnot zde byla v roce 1972 vyhlášena Chráněná krajinná oblast Český kras. (Ložek et al, 2005)

Český kras se nachází v mírně teplé až teplé klimatické oblasti, pro kterou jsou typická dlouhá teplá léta s menším množstvím srážek a teplejší suché zimy. Průměrná roční teplota se pohybuje okolo 8–9 stupni Celsia, zatímco úhrn srážek za

rok nepřesahuje 530 mm. Mikroklima zde má mimořádný vliv díky struktuře vegetace a díky výrazně pestrému terénu (Ložek et al, 2005)

Z hlediska vegetace, Český kras tvoří samostatný fytogeografický okres. Vyskytují se zde druhy jak typicky středoevropské, tak i druhy teplomilnější a suchomilnější. Množství z nich dnes v České republice považujeme za druhy ohrožené nebo kriticky ohrožené (Ložek et al, 2005). Patří mezi ně například rudohlávek jehlancovitý (*Anacamptis pyramidalis*), který se v Čechách jinde nevyskytuje. To samé platí pro včelníka rakouského (*Dracocephalum austriacum*). Výskyt velkého množství druhů závisí na tradičním hospodaření v podobě pařezin nebo ve formě pastvy hospodářských zvířat. Dnes jsou vzácné a ohrožené právě díky vymizení těchto původních hospodářských způsobů (AOPK, 2020).

V některých oblastech dochází ke vzniku zcela přirozených bezlesí. Způsobeno je to velmi mělkými půdami a teplým mikroklimatem jižních svahů, kde se dřeviny zkrátka dlouhodobě neuchytí. Díky tomu zde vznikly jedinečná stanoviště jako jsou skalní stepi, xerotermní trávníky a lesostepi (Ložek et al, 2005). Co se lesních ploch týče, ty jsou zde nejčastěji tvořeny dubohabřinami, suťovými lesy či teplomilnými doubravami (AOPK, 2020).

Díky celkové heterogenitě podmínek a stanovišť je Český kras velmi rozmanitý i z hlediska živočišných druhů. V jeskyních jsou významné populace letounů, kterých zde bylo pozorováno 23 druhů. Lesy zase poskytují vhodné podmínky teplomilnému hmyzu nebo plazům, jako je ještěrka zelená (*Lacerta viridis*) nebo užovka hladká (*Coronella austriaca*) (AOPK, 2020).

4.1.1 Lokalita na Voskopě

Experimentální plochu Na Voskopě zakládal v roce 2013 Prokop Hroník v rámci své diplomové práce (Hroník, 2014). V průběhu jeho experimentu proběhlo v části lesa smýcení lesního porostu a obnovení výmladkového hospodaření ve tvaru středního lesa s následným monitoringem složek přírody, který má probíhat od založení nejméně 15 let (Hroník, 2014). Lokalita se nachází v Přírodní rezervaci Na Voskopě v jihozápadní části Českého krasu na jihozápadních a západních svazích vrchů Újezdce a Na Voskopě (Příloha 1), jehož vrchol byl lomem odtěžen. Jako Přírodní rezervace byla oblast vyhlášena až v roce 2012. Předcházelo tomu 13 let od podání návrhu na ochranu území, během kterých probíhaly inventarizační průzkumy a jednání s Vápenkou Čertovy schody (Anonymous, 2012).

Většinu území pokrývají dubohabrové lesy s rozmanitým podrostem včetně ohrožených druhů, mezi které patří sasanka lesní (*Anemone sylvestris*) nebo krušík růžkatý (*Epipactis muelleri*) (Anonymous, 2012). Hroník (2014) zde ve své práci mimo jiné zaznamenal 20 ohrožených druhů z řad dřevin a rostlin, jako například jeřáb muk (*Sorbus aria*), dub cer (*Quercus cerris*), mařinku barviřskou (*Asperula tinctoria*) a plamének přímý (*Clematis recta*).

4.1.2 Lokalita Za Lípou

Další experimentální plocha, ze které pochází data pro účely této práce, své místo zaujímá v severní části Národní přírodní rezervace Koda, na východním svahu vrchu Za Lípou (Příloha 2). Plochu zakládal Mejstřík v roce 2017 v rámci své diplomové práce (Mejstřík, 2018), se stejným cílem jako experiment na lokalitě Na Voskopě, tedy obnovit zachovalé výmladkové lesy, prosvětlit porosty a monitorovat vliv takového managementu na složky přírody (Mejstřík, 2018).

Plán péče o Národní přírodní rezervaci Koda (Anonymous, 2018) charakterizuje oblast takto: „NPR Koda byla vyhlášena již v roce 1952 na rozloze 463,64 ha. Je to členité a převážně lesnaté území na jih a západ od řeky Berounky mezi obcemi Tetínem, Tobolkou a Srbskem.“

Většinu území zabírají lesy, nejvíce zastoupeny jsou dubohabřiny s rozmanitým a bohatým podrostem. Pokrývají zejména svahy mírné s hlubšími půdami. Na svazích s vysušenějšími mělkými půdami se pak pozvolně prosazují teplomilné doubravy s dubem pýřitým (*Quercus pubescens*). Jsou to velice světlé a rozvolněné lesy na druhy významně bohaté, díky místům s hustějším zápojem pro druhy lesní a s místy světlými až stepního charakteru pro druhy světlomilné a teplomilné. Dále se na území rezervace nachází na strmých a skalnatých svazích lesy suťové, na svazích s orientací na sever vápnomilné bučiny, mochnové doubravy na svazích jižních a jihozápadních. Mezi ohrožené druhy dle červeného seznamu, které se v oblasti nacházejí, patří včelník rakouský (*Dracocephalum austriacum*) a jeřáb krasový (*Sorbus eximia*) (Anonymous, 2018).

4.1.3 Lokalita Na Pláních

Experimentální plocha pařezin Na pláních byla založena nejpozději ze tří lokalit zmiňovaných v této práci, teprve v roce 2019. Nalézá se severovýchodně od obce Srbsko na Berounsku a je součástí Národní přírodní rezervace Karlštejn (Příloha 3).

Plán péče o Národní přírodní rezervaci Karlštejn (Anonymous, 2017) charakterizuje oblast takto: „NPR Karlštejn leží v CHKO Český kras ve středních Čechách. Je to rozsáhlé lesnaté území členěné skalnatými údolími potoků Budňanského, Bubovického a Loděnice severně od Berounky mezi Berounem, Vráží, Svatým Janem pod Skalou, Mořinou, Hlásnou Třebání, Karlštejnem a Srbskem.“

Z hlediska vegetace je území pokryté hlavně dubohabřinami, které zde byly obhospodařované jako výmladkové lesy. Na vlhčích půdách se vyskytují mochnové doubravy, kde v podrostu jsou druhy jako mochna bílá (*Potentilla alba*) nebo bukvice lékařská (*Betonica officinalis*). Na svazích jižních až západních hrachorové doubravy s dubem pýřitým (*Quercus pubescens*) v podrostu s druhy jako jetel alpský (*Trifolium alpestre*) nebo chrpa chlumní (*Centaurea triumfetti*) (Anonymous, 2017).

4.2 Plochy pařezin v rámci projektu TARMAG

V této práci byla použita také data z ploch pařezin založených na území Školního lesního podniku (ŠLP) "Masarykův les" Křtiny. Plochy se zakládaly v rámci projektu Ministerstva životního prostředí TARMAG, který se zaměřoval na biodiverzitu a péči o chráněné druhy nízkých a středních lesů.

4.2.1 Experimentální plocha Hády

Výzkumná plocha Hády byla založena v roce 2008 na polesí Bílovice na území ŠLP "Masarykův les" Křtiny asi půl kilometru severovýchodně od města Brna (Příloha 4). V době založení se zde nacházel 98 let starý vysoký les typu 2H2, tedy hlinitá buková doubrava s ostřicí chlupatou na plošinách a mírných svazích (Kadavý et al, 2009)

Dle historických záznamů byla na celém území až do let 1898–1907 dubová pařezina s příměsemi habru, javoru nebo lípy. V tomto desetiletí byla dle tehdejších plánů pařezina postupně převedena na les vysoký. Při převodu byly ponechány pouze výstavky a k podsadbě byl využit hlavně smrk. V 50. letech minulého století tyto smrky vlivem velkého sucha rychle hynuly. Na místech, kde smrk nepřežil, pak dominovaly duby (Kadavý et al, 2009)

V experimentu byla vybrána plocha 200x200 metrů, kde byla vegetace zaměřena systémem Field-map v systému S_JTSK. Zaměřeny byly všechny stromy, mrtvé dřevo, zlomy, souše i keře. Na základě těchto dat se vybraly stromy, které sloužily

jako výstavky a zbytek byl vytěžen. Plocha byla dále rozdělena do buněk s odlišnými formami hospodaření (Kadavý et al, 2009).

4.2.2 Experimentální plocha Soběšice

V roce 2009 byla založena v rámci projektu TARMAG také druhá výzkumná plocha, tentokrát 2 kilometry jihozápadně od obce Soběšice v Jihomoravském kraji na polesí Vranov, ŠLP „Masarykův les“ Křtiny (viz Příloha 4). V době založení zde byl 73 let starý les typu 1B1, tedy bohatá habrová doubrava lipnicová s ostřicí horskou na plošinách a oblých hřbetech. Menší část zabíral i les typu 1C2, tedy suchá habrová doubrava lipnicová na svazích (Kadavý et al, 2010)

Dle záznamů měla plocha ještě v roce 1950 charakter nízkého lesa s výstavky. V roce 1963 byl zařazen mezi lesy určené k převodu na les vysoký, nicméně k velkým zásahům do dřevinné skladby zde nedošlo a později byl les zařazen do porostu tvaru lesa vysokého do souboru rekreační lesy (Kadavý et al, 2010)

Metodika založení experimentální plochy byla stejná jako v případě výzkumné plochy Hády.

4.3 Práce s daty získaných pomocí sond TMS 4

4.3.1 Dataloggery TMS 4

Data pro tuto práci byly získány pomocí dataloggerů TMS 4. Je to zařízení speciálně vyvinuté k měření mikroklimatických podmínek blízko země a v zemi. Bylo navrženo tak, aby svou velikostí zaznamenalo podmínky, kterým čelí rostliny. Proměnné tímto měřením získané jsou ale relevantní pro všechny organismy žijící v blízkosti povrchu země, stejně jako pro mnohé ekologické procesy, které jsou mikroklimatickými podmínkami ovlivněné (Wild et al, 2019).

Samotné zařízení je dlouhé 29 cm, kdy při instalaci do půdy je přibližně 15 cm část zařízení nad povrchem půdy a 14 cm část pod povrchem. Teplotní senzory měří teplotu ve 3 bodech. Ve výšce 15 cm je měřena teplota vzduchu nad povrchem, v práci označena jako T3. Dále je měřena teplota povrchu půdy, označena v této práci jako T2. A poslední teplotní senzor je umístěn v hloubce 8 cm v zemi, dále jako T1 (Příloha 5). Zařízení je vybaveno i senzorem vlhkosti půdy v části zapuštěné v zemi. TMS 4 datalogger zaznamenává hodnoty v intervalech každých 15 minut. Tuto

činnost je schopen provádět díky výdrži baterie a kapacitě dataloggeru minimálně 10 let (Wild et al, 2019).

4.3.2 Postup terénních prací

Dataloggery byly v případě výzkumných ploch v Českém krase instalovány na každé lokalitě vždy jedna v lese středním a jedna v lese vysokém. Na plochách Na Voskopě a Za Lípou čidla měřila od 29.12.2018. Na ploše Na Pláních čidla měřila od 22.11.2018

V případě výzkumných ploch Hády a Soběšice byly dataloggery instalovány vždy čtyři v lese nízkém, čtyři v lese vysokém a čtyři v lese středním. Na ploše Hády čidla měřila od 15.3.2017 a čidla na ploše Soběšice měřila od 29.3.2017.

Sběr dat probíhal na všech lokalitách stejně. K získání dat byl použit notebook s nainstalovaným softwarem Lolly Manager a s adaptérem připojeným přes USB. Dataloggery jsou vybaveny ve své vrchní části po sejmutí ochranného kloboučku speciálním konektorem, který slouží pro načtení dat právě pomocí USB adaptéru. Při připojení notebooku s adaptérem ke konektoru nejprve proběhla aktualizace systému v dataloggrech na stejnou verzi používanou v počítači. Poté se zobrazil průběh stahování dat. Ta se ukládají ve formátu csv, který lze otevřít například v aplikaci Microsoft office. Po uložení dat bylo možno rychlé kontroly pomocí zobrazeného grafu díky prohlížeči dat Log view v aplikaci Lolly Manager.

4.3.3 Zpracování dat

Data byla zpracována v programu R Studio. Nejprve bylo nutné data stažená z dataloggerů upravit a vyčistit. Pomocí skriptu byl vytvořen data frame, který obsahoval všechny naměřené hodnoty. Poté se pomocí skriptu spustila aplikace *Shiny TMS*, která slouží k vizualizaci a úpravě dat. Aplikace se otevřela v okně prohlížeče. V záložce *data* se zobrazily jednotlivě sondy a vyrenderovaly se grafy pro vlhkost, teploty půdy, povrchu a vzduchu. Proběhla vizuální kontrola, zda některé naměřené hodnoty nejsou nesmyslné nebo nesprávné. Takové hodnoty se zobrazovaly v případě, kdy na začátku měření sondy ještě nebyly umístěny v zemi, ale například v kanceláři. Dalším případem nesprávného měření mohlo být vykopnutí sondy ze země divokou zvěří. Tato nesprávná měření byla v záložce *plot* myši označena a pomocí příkazu *Manage Data* a *Delete selected data* odstraněna. Data vyčištěná byla poté exportována přes příkaz *Manage data* a *export data* do souboru csv.

4.3.4 Analýza dat

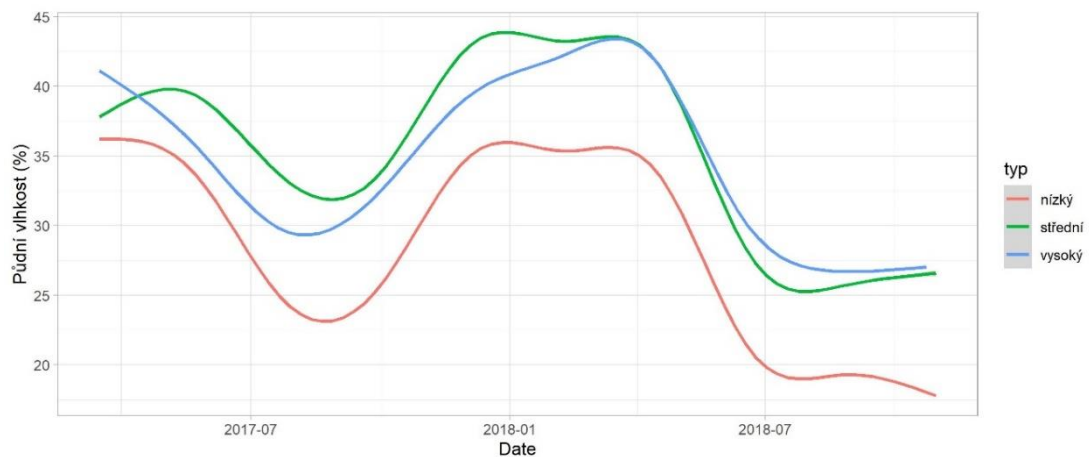
Statistické analýzy proběhly v programu R ve verzi 3.5.3. Nejprve byla načtena vyčištěná data ve formátu csv. Spojena byla s vytvořenou tabulkou obsahující identifikační číslo každé sondy a k tomuto číslu přiřazené typy lesa, aby se data spojila s jednotlivými kategoriemi lesa. Pro vyhodnocení dynamiky byly do dat naitovány zobecněné aditivní modely (GAM), které byly znázorněny graficky pomocí balíčku „ggplot2“. GAM byly vytvořeny pro teploty půdy, na povrchu půdy a vzduchu a také objemovou vlhkost. Šedými zónami okolo křivek byl zobrazen 95% interval spolehlivosti modelů. Vypočítány byly také denní hodnoty. Pro teploty to byly denní maxima a pro vlhkosti zase vlhkostní minima. Následně byly vypočítány měsíční průměry všech proměnných pomocí funkce aggregate a spočítala se směrodatná chyba průměru. Výsledky těchto výpočtů byly uloženy do tabulky pomocí funkce write.table. Nakonec byly pro každou proměnnou sestaveny obecné lineární modely pomocí funkce lm a zobrazeny v grafu pomocí balíčku „effects“. Pomocí těchto modelů bylo zjištěno, zda se proměnné liší mezi typy lesa v jednotlivých měsících na hladině významnosti $p=0.05$. Tyto rozdíly byly zaznamenány do výsledné tabulky průměrných měsíčních hodnot. Tento postup se opakoval pro všechny zkoumané lokality.

5 Výsledky práce

5.1 Výsledky z plochy Hády

5.1.1 Půdní vlhkost v celém období

Ukázalo se, že vlhkost byla nižší v nízkém lese než v lese středním a vysokém a to po celou dobu měření (obr. 1). Střední les měl většinou vyšší vlhkost půdy než les vysoký, ale jen do začátku léta 2018, kdy půdní vlhkost v něm klesla níže než v lese vysokém (obr.1).

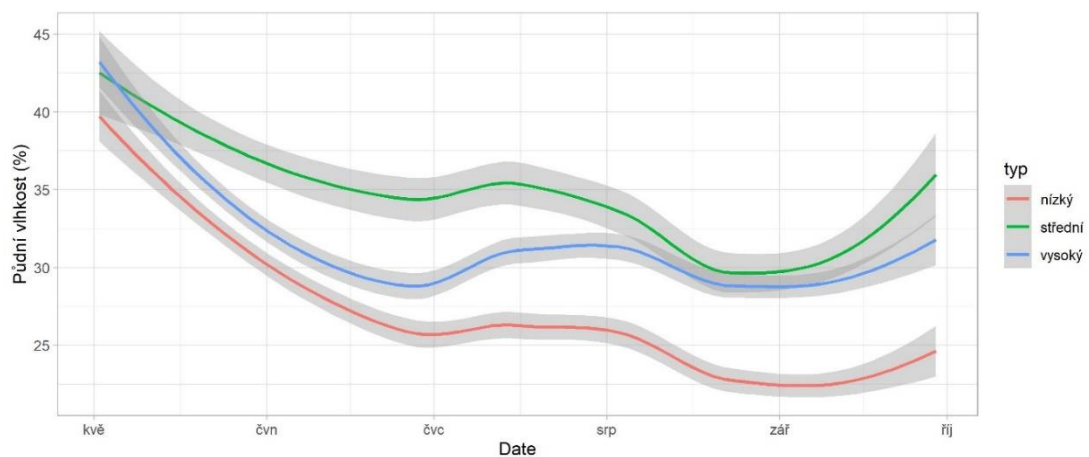


Obrázek 1: Půdní vlhkost v nízkém, středním a vysokém lese v letech 2017 a 2018. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

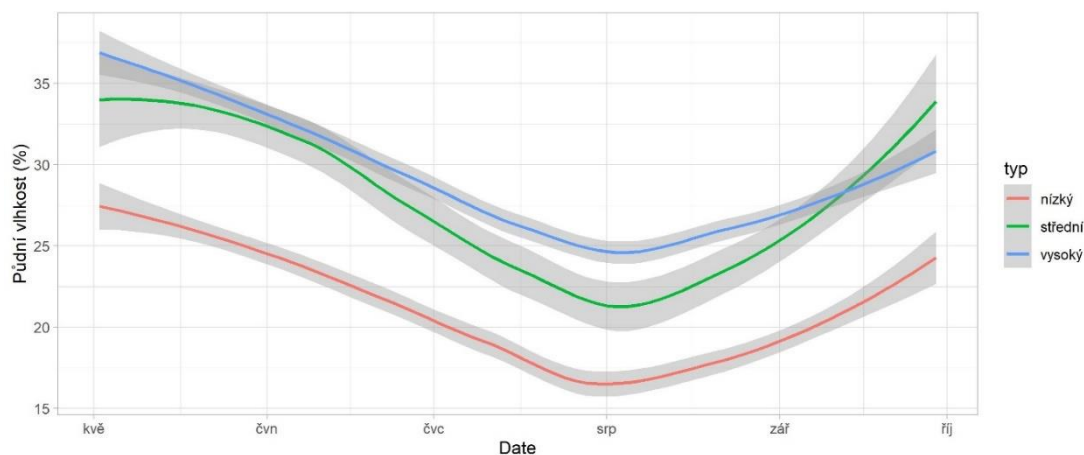
5.1.3 Půdní vlhkosti v letních obdobích

V obdobích od května do října v letech 2017 (obr. 2) a 2018 (obr. 3) je patrné, že les nízký dosahoval menší denní minimální půdní vlhkosti než les střední a vysoký. Střední les měl ve vybraném období v roce 2017 převážně vyšší minimální vlhkost než les vysoký, hlavně od počátku června do začátku srpna (obr. 2).

V roce 2018 měl vyšší minimální vlhkost mezi červencem a zářím zase les vysoký (obr. 3) V ostatních měsících vybraného období rozdíly ve vlhkosti mezi lesem vysokým a středním už významné nebyly (obr. 3)



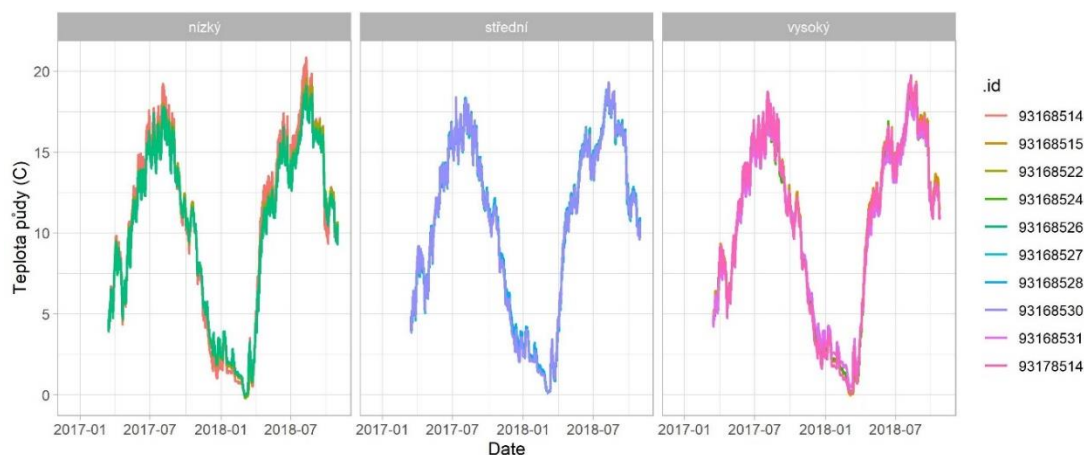
Obrázek 2: Půdní vlhkost v nízkém, středním a vysokém lese v letním období roku 2017. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.



Obrázek 3: Půdní vlhkost v nízkém, středním a vysokém lese v letním období roku 2018. Znáznorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

5.1.4 Teplota půdy

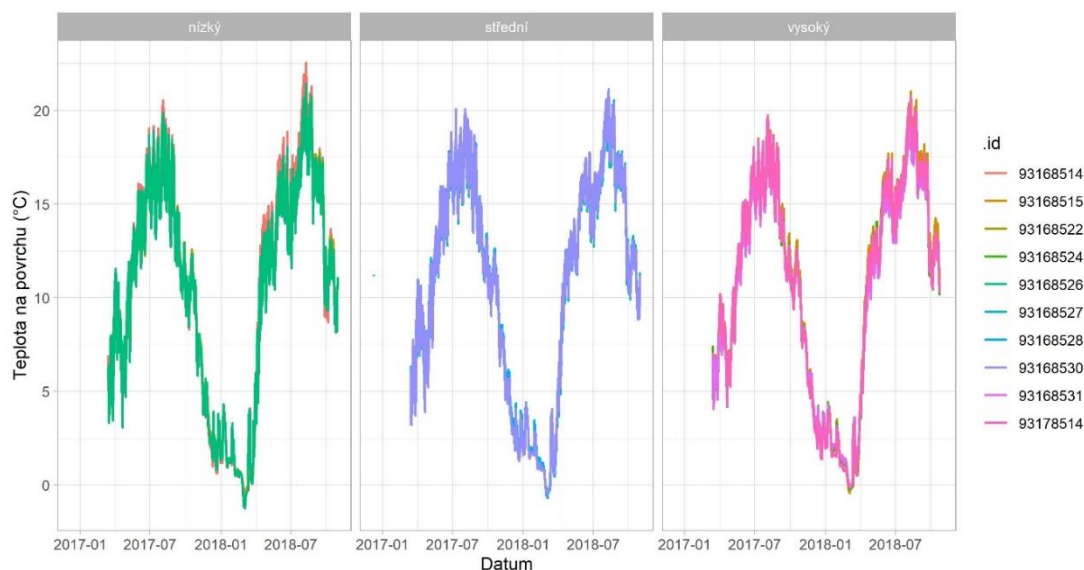
Ve všech třech typech lesa panovaly podobné půdní teplotní podmínky, v letních měsících teplota půdy v lese nízkém dosahovala vyšších hodnot než teplota půdy v lese středním nebo vysokém (obr. 4)



Obrázek 4: Teplota půdy v nízkém, středním a vysokém lese v letech 2017 a 2018. Znáznorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat.

5.1.5 Teplota na povrchu půdy

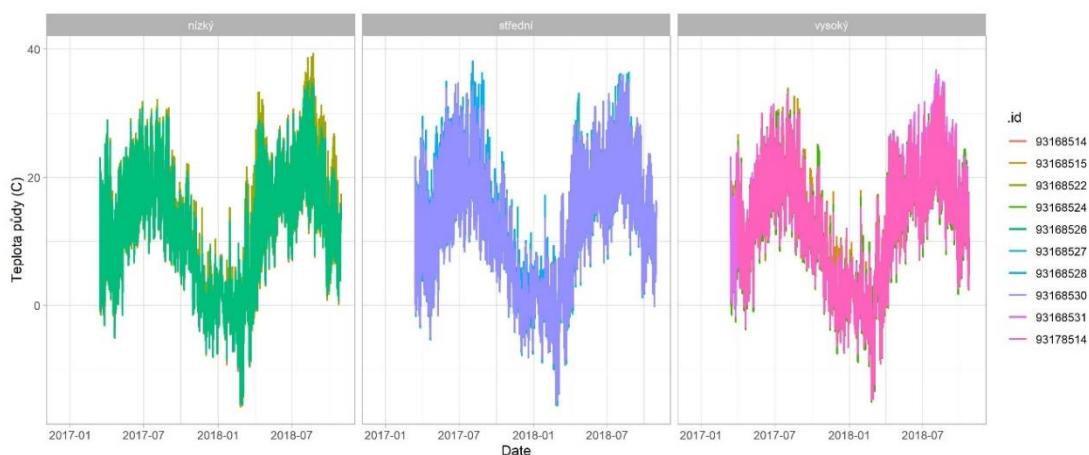
Podobně jako teplota půdy byla i teplota na jejím povrchu vyšší hlavně v letních měsících u lesa nízkého oproti zbylým typům lesa. Současně byly v lese nízkém nižší teploty v zimních měsících (obr. 5).



Obrázek 5: Teplota na povrchu půdy v nízkém, středním a vysokém lese v letech 2017 a 2018. Znáznorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat.

5.1.6 Teplota vzduchu

V lese středním dosahovaly teploty vzduchu převážně v letních obdobích vyšších teplot než ve zbylých typech lesa (obr. 6). Teploty v lese nízkém a vysokém si byly mimo letní období blíže, v letních měsících ale dosahovaly v lese nízkém extrémnějšších hodnot oproti zbylým typům lesa (obr. 6).

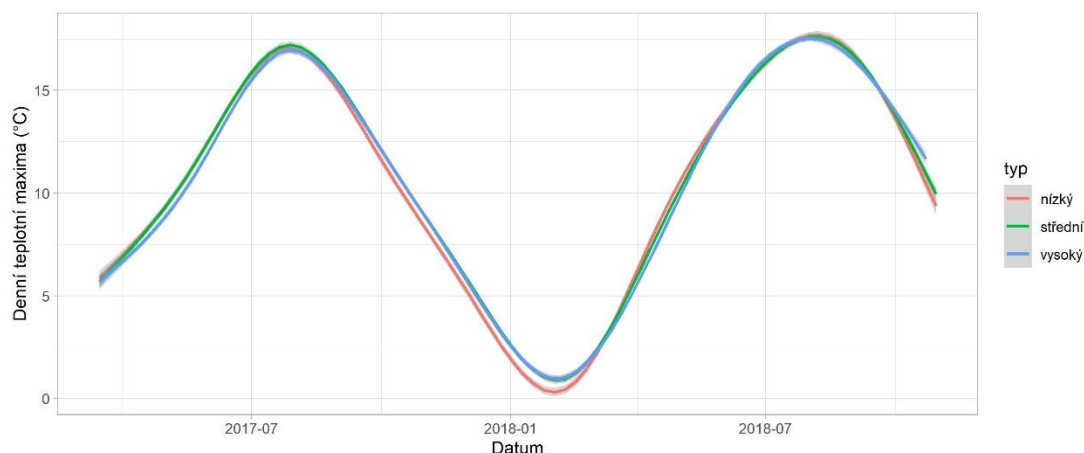


Obrázek 6: Teplota vzduchu v nízkém, středním a vysokém lese v letech 2017 a 2018. Znáznorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat.

5.1.7 Maximální denní teploty

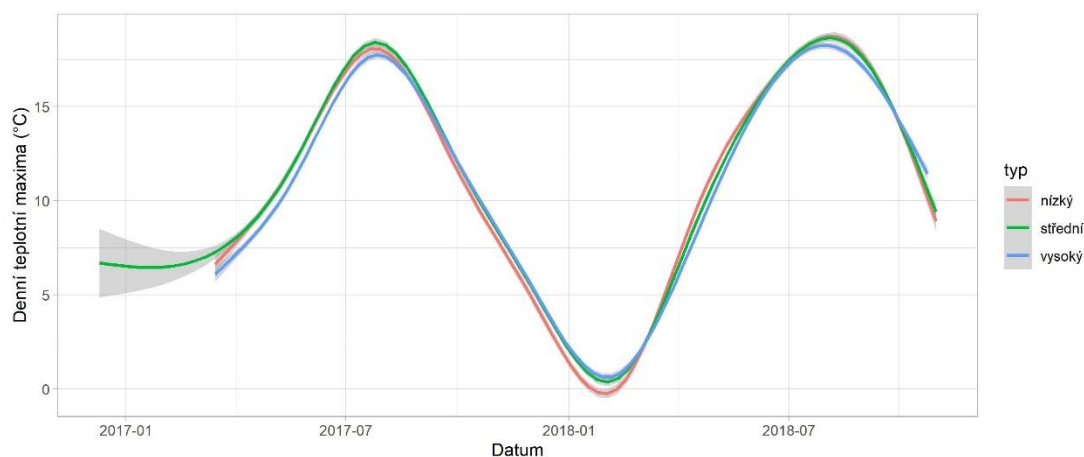
V případě denních maximálních teplot půdy je patrné, že nejdříve byly nejnižší denní maxima v lese vysokém, od druhé poloviny roku 2017 se však tyto rozdíly vyrovnávaly. Od podzimu roku 2017 byly oproti lesu vysokém a středním nejnižší

denní maxima v lese nízkém a v průběhu roku následujícího se rozdíl opět spíše vyrovnávaly (obr. 7)



Obrázek 7: Maximální denní teploty půdy v nízkém, středním a vysokém lese v letech 2017 a 2018. Znárodněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

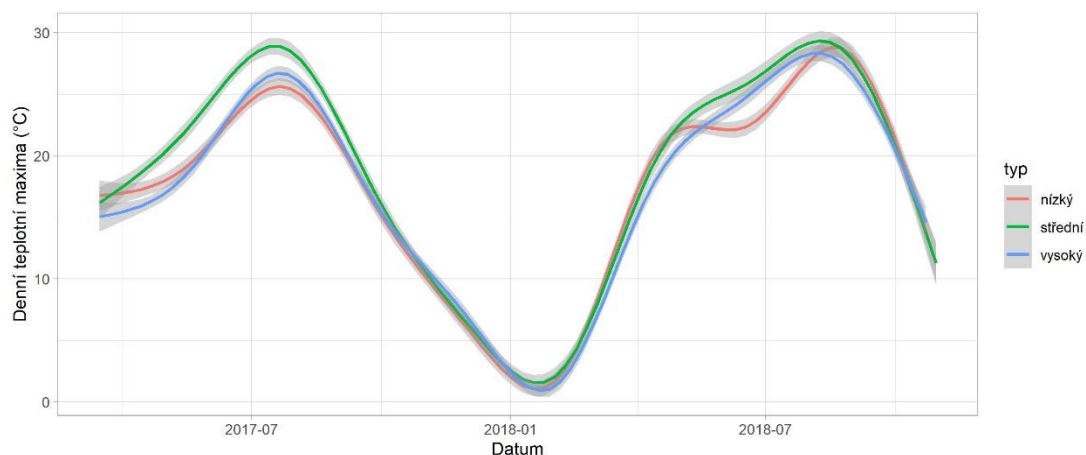
Z počátku byly nejnižší denní maximální teploty na povrchu půdy u lesa vysokého, poté se až do zimních měsíců maxima příliš nelišila. V zimě nejnižší denní maxima byla naměřena v lese nízkém. V první polovině roku 2018 byla nejnižší denní maxima opět v lese vysokém, v lese středním pak byla maxima nižší než v lese vysokém (obr. 8).



Obrázek 8: Maximální denní teploty na povrchu půdy v nízkém, středním a vysokém lese v letech 2017 a 2018. Znárodněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

V případě maximální denní teploty vzduchu již byly rozdíl větší. Nejvyšší denní teplotní maxima byla dosažena v lese středním až do závěru roku 2017 (obr. 9). V lese vysokém pak byly maximální teploty zpočátku nižší než v lese nízkém, to se ale v průběhu července obrátilo. V zimních měsících se maxima výrazně nelišila.

Přibližně od května 2018 byly nejnižší denní maxima naměřena v lese nízkém a nejvyšší naopak v lese středním (obr. 9)

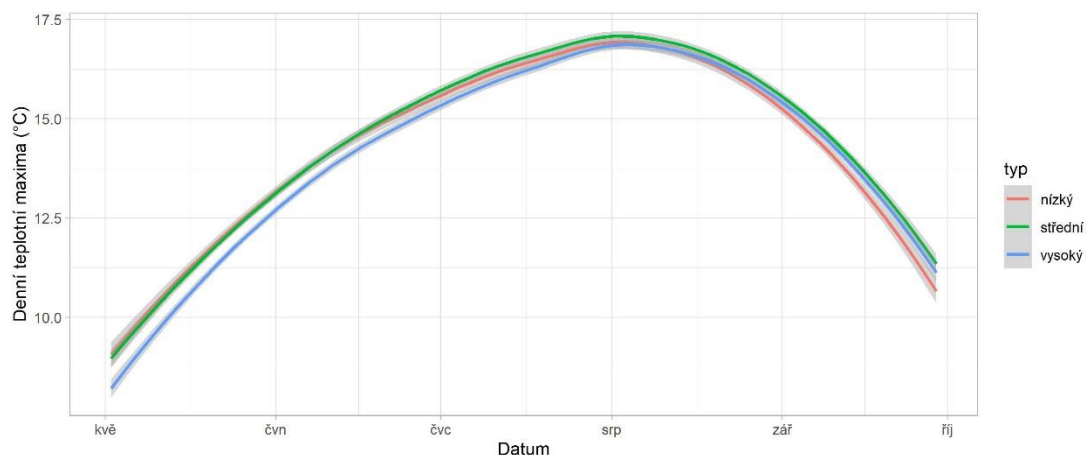


Obrázek 9: Maximální denní teploty vzduchu v nízkém, středním a vysokém lese v letech 2017 a 2018. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

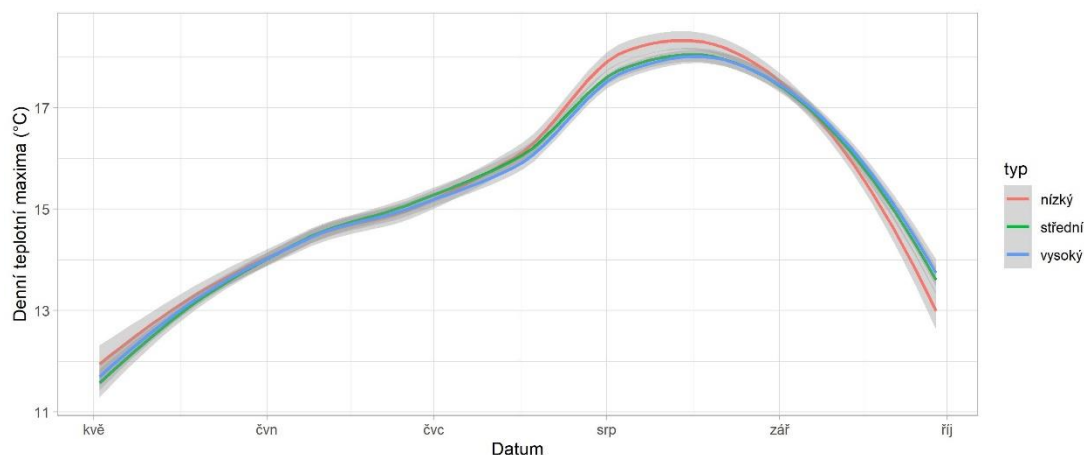
5.1.8 Maximální denní teploty v letních obdobích

Denní půdní teplotní maxima byla v roce 2017 od května přibližně do července nejnižší v lese vysokém, maxima v lese středním a vysokém se významně nelišila (obr. 10).

Ukázalo se, že denní maxima teploty půdy se ve vybraném období v roce 2018 mezi typy lesa významně nelišila (obr. 11)



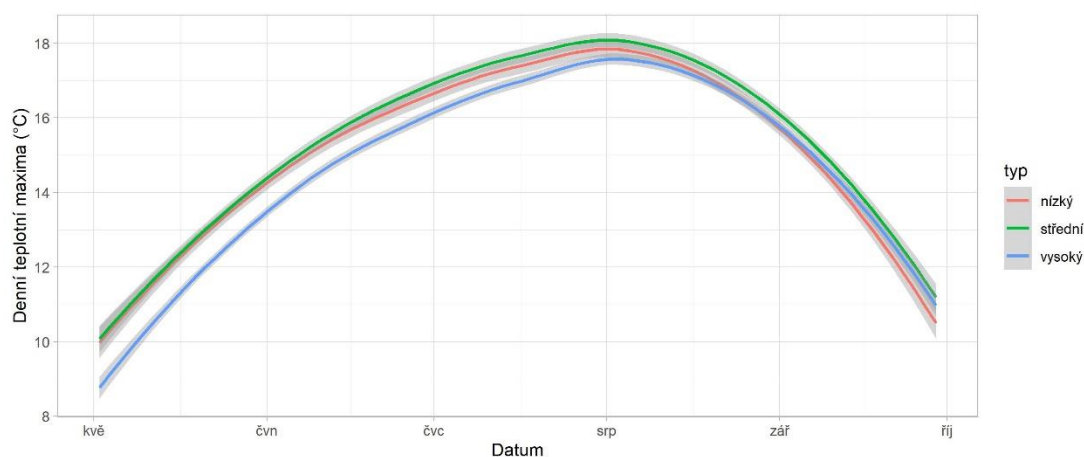
Obrázek 10: Maximální denní teploty půdy v nízkém, středním a vysokém lese v období od května do října 2017. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.



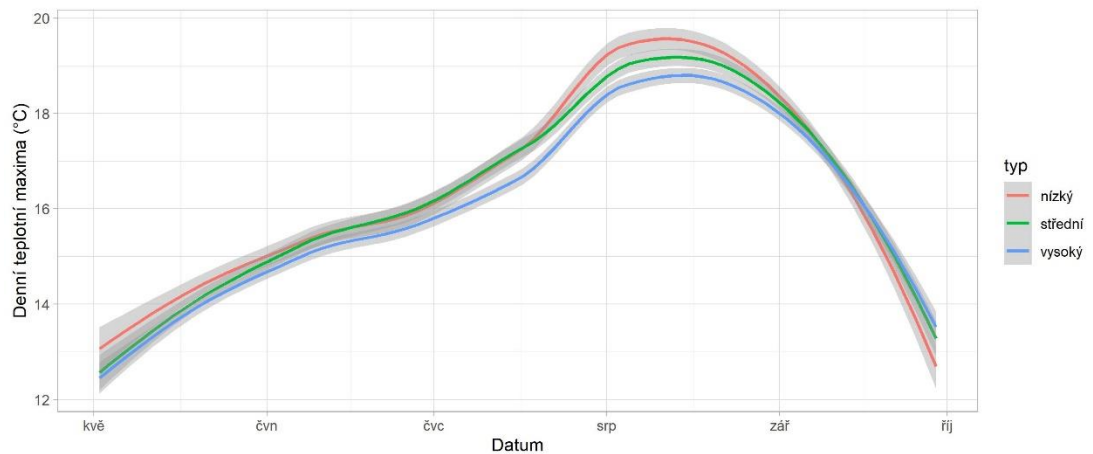
Obrázek 11: Maximální denní teploty půdy v nízkém, středním a vysokém lese v období od května do října 2018. Znárodně křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

Maximální denní teploty na povrchu byly ve vybraném období roku 2017 nejnižší v lese vysokém až do konce července. V lese středním a nízkém byla maxima naměřena vyšší, od července se pak už maxima jednotlivých typů lesa významně nelišila (obr. 12).

V roce 2018 byla v lese nízkém zpočátku května a začátku srpna vyšší denní maxima teploty na povrchu než v lese vysokém a středním. Naopak v chladnějším měsíci říjnu byla minima v lese nízkém nejnižší (obr. 13). Vysoký les se v maximech lišil od lesa středního od července do poloviny srpna, kdy zde byla naměřena denní maxima nižší (obr. 13).



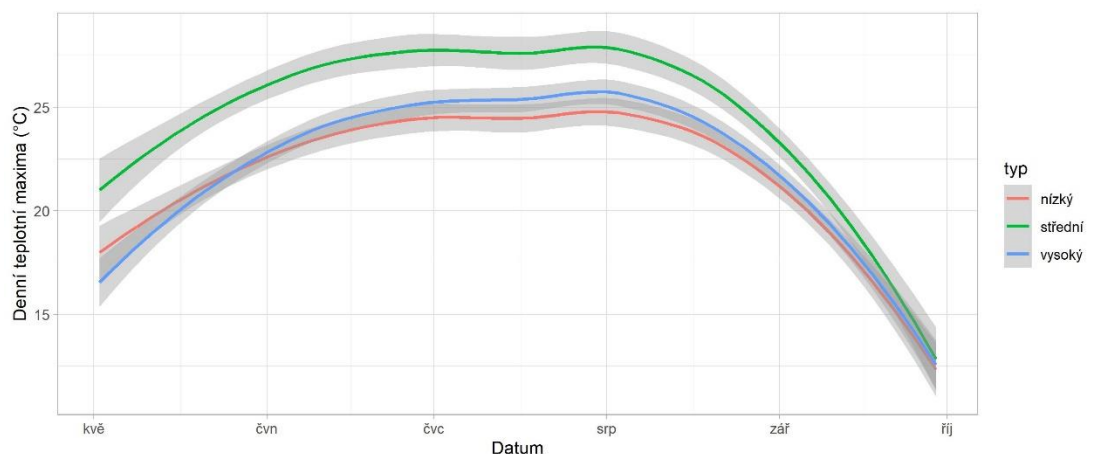
Obrázek 12: Maximální denní teploty na povrchu půdy v nízkém, středním a vysokém lese v období od května do října 2017. Znárodně křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.



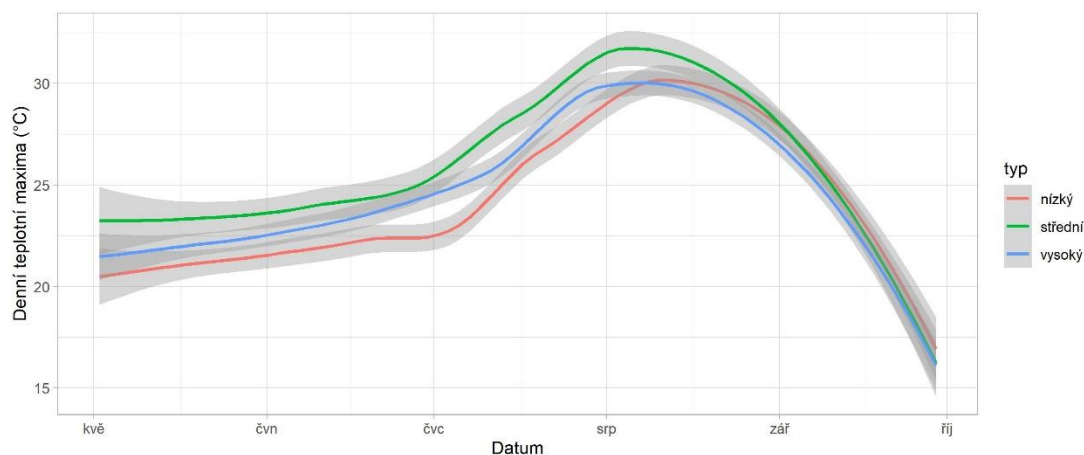
Obrázek 13: Maximální denní teploty na povrchu půdy v nízkém, středním a vysokém lese v období od května do října 2018. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

Maximální denní teploty vzduchu byly nejvyšší ve vybraném období roku 2017 u lesa středního, a to téměř do poloviny září. Oproti tomu byly maxima v nízkém a středním lese nižší (obr. 14).

V roce 2018 se v tomto období typy lesa v maximech významně nelišily, až do poloviny června, kdy les nízký vykazoval maximální teploty nižší. Oproti ostatním typům lesa se maximální teploty zvýšily v měsíci červenci a srpnu (obr. 15).



Obrázek 14: Maximální denní teploty vzduchu v nízkém, středním a vysokém lese v období od května do října 2017. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.



Obrázek 15: Maximální denní teploty vzduchu v nízkém, středním a vysokém lese v období od května do října 2018. Znárodněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nařitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

5.1.9 Porovnání průměrných měsíčních hodnot

Průměrná měsíční vlhkost půdy

Po většinu měřených měsíců, tedy od únorového do srpnového, se vlhkost mezi lesem středním a lesem vysokým významně nelišily. Naproti tomu les nízký vykazoval nižší vlhkosti po celý rok (obr. 16) (Tabulka 1).

Průměrné měsíční maximální teploty půdy

V nejteplejších letních měsících, v období od června do srpna, se teploty půdy mezi jednotlivými typy lesa od sebe významně nelišily. V březnovém a květnovém měsíci se od zbývajících typů lesa lišil les vysoký, když teploty půdy v něm nabývaly nejnižších hodnot. Od říjnového měsíce měl nejnižší teploty půdy les nízký (obr. 17) (Tabulka 1).

Průměrné měsíční maximální teploty na povrchu

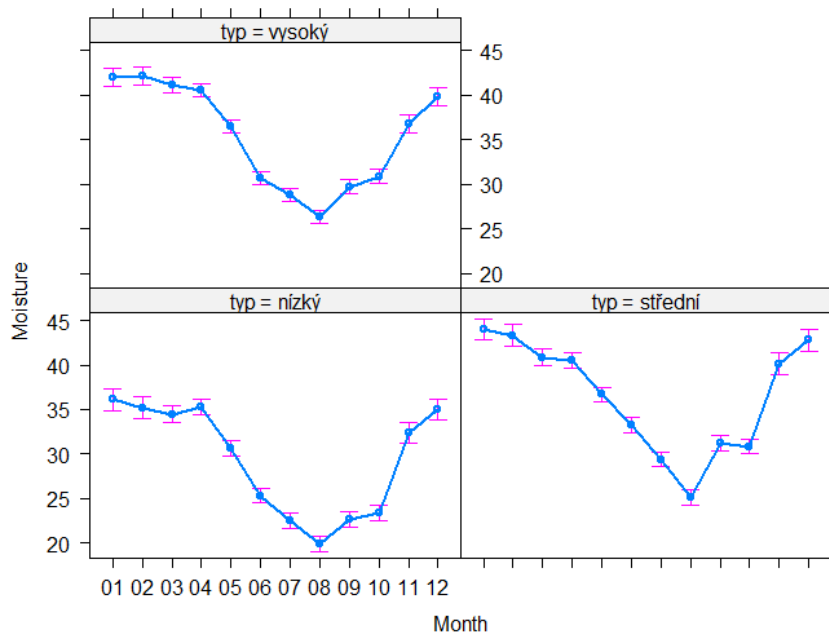
V zimním období v měsících od října do ledna teploty vzduchu jsou nejnižší v lese nízkém. V jarních a letních měsících je patrné, že se od ostatních svými nižšími teplotami zase liší les vysoký (obr. 18) (Tabulka 1).

Průměrné měsíční maximální teploty vzduchu

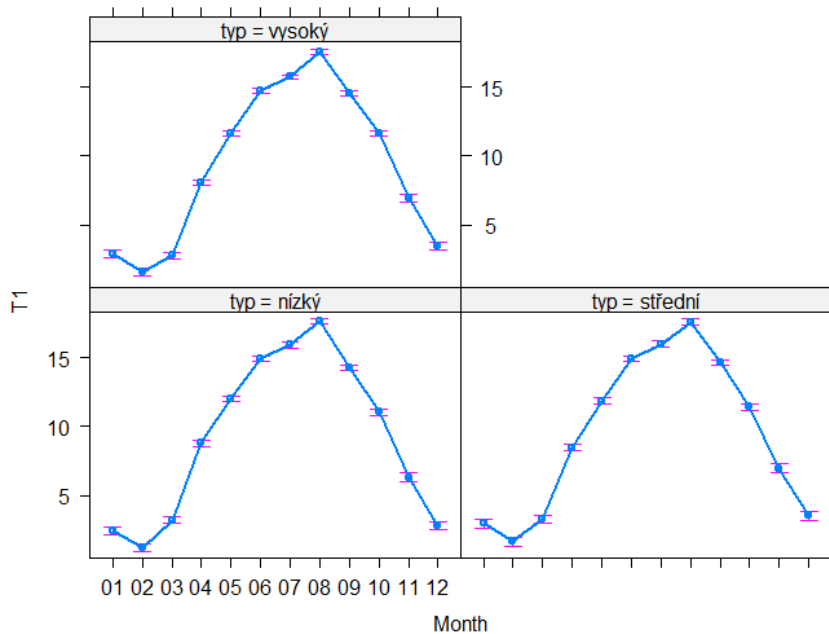
Teploty vzduchu se mezi typy lesa významně nelišily v měsících od září do února. V březnovém a dubnovém měsíci bylo pozorováno, že se les vysoký liší od ostatních typů lesa a má nejnižší teploty vzduchu. Oproti tomu v měsících květen až srpen došlo k vyrovnání teplot mezi lesem nízkým a vysokým, kdy se od sebe významně nelišily, za to v lese středním byly naměřeny teploty významně vyšší (obr. 19) (Tabulka 1).

Tabulka 1: Tabulka porovnávající průměrné měsíční vlhkosti a měsíční průměry denních maximálních teplot (půdy, na povrchu a vzduchu) mezi typy lesa. Ve sloupci Rozdíl je pomocí velkých písmen znázorněno, jak se mezi sebou typy lesa lišily na hladině významnosti 0.05. Pokud se typ lišil oproti ostatním, je označen jiným písmenem, pokud se lišily jen dva typy lesa mezi sebou a oproti třetímu se nelišily, jsou označeny AB.

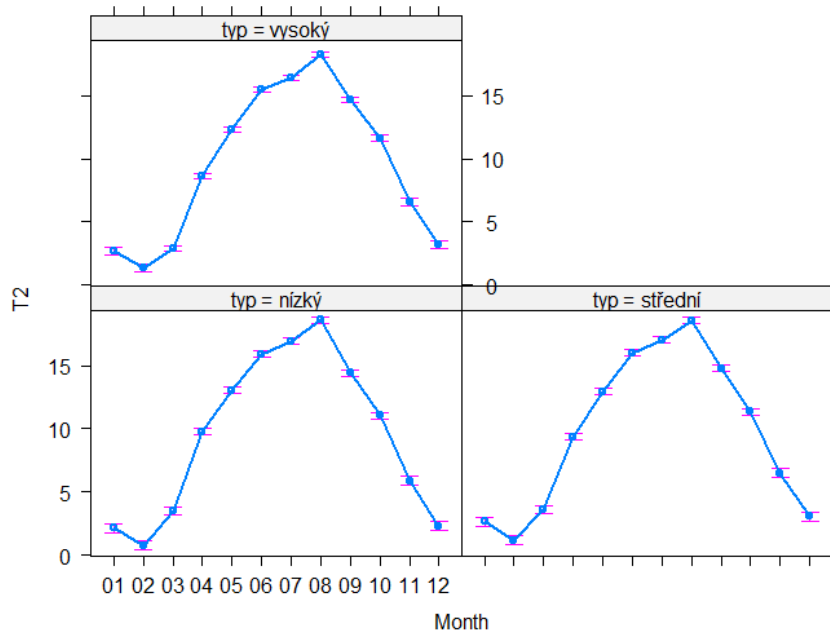
Měsíc	Typ	Vlhkost (%)	Rozdíl	T1 (°C)	Rozdíl	T2 (°C)	Rozdíl	T3 (°C)	Rozdíl
Leden	nízký	36,09	A	2,45	A	2,14	AB	3,8	A
	střední	44,02	B	2,95	A	2,62	A	4,19	A
	vysoký	42,02	C	2,9	A	2,72	AB	4,29	A
Únor	nízký	35,2	B	1,2	A	0,75	A	2,77	A
	střední	43,33	A	1,64	A	1,18	A	3,01	A
	vysoký	42,15	A	1,61	A	1,32	A	2,1	A
Březen	nízký	34,44	B	3,18	A	3,51	A	12,58	A
	střední	40,84	A	3,26	A	3,58	A	12,2	A
	vysoký	41,13	A	2,77	B	2,89	B	10,07	B
Duben	nízký	35,27	B	8,77	A	9,75	A	19,54	A
	střední	40,51	A	8,46	A	9,37	A	19,4	A
	vysoký	40,53	A	8,11	B	8,63	B	17,76	B
Květen	nízký	30,62	B	12	AB	13,05	A	20,73	A
	střední	36,68	A	11,85	A	12,92	A	23,58	B
	vysoký	36,45	A	11,61	AB	12,31	B	20,89	A
Červen	nízký	25,33	B	14,9	A	15,93	A	23,07	A
	střední	33,21	A	14,91	A	16,01	A	26,27	B
	vysoký	30,67	A	14,74	A	15,47	B	24,13	A
Červenec	nízký	22,5	B	15,91	A	16,92	A	24,39	A
	střední	29,38	A	15,99	A	17,04	A	27,31	B
	vysoký	28,82	A	15,73	A	16,44	B	25,44	A
Srpen	nízký	19,86	B	17,64	A	18,64	AB	27,6	A
	střední	25,12	A	17,57	A	18,6	A	29,3	B
	vysoký	26,36	A	17,52	A	18,22	AB	27,72	A
Září	nízký	22,7	A	14,23	AB	14,43	A	18,82	A
	střední	31,26	B	14,61	AB	14,8	A	19,48	A
	vysoký	29,73	C	14,56	A	14,68	A	18,89	A
Říjen	nízký	23,37	B	11,02	AB	11,06	AB	15,48	A
	střední	30,85	A	11,39	A	11,34	A	15,79	A
	vysoký	30,85	A	11,64	AB	11,65	AB	16,21	A
Listopad	nízký	32,37	A	6,31	B	5,85	AB	7,11	A
	střední	40,14	B	6,97	A	6,46	A	7,43	A
	vysoký	36,75	C	6,95	A	6,62	AB	7,35	A
Prosinec	nízký	34,97	A	2,78	B	2,3	B	3,35	A
	střední	42,76	B	3,51	A	3,07	A	3,92	A
	vysoký	39,87	C	3,45	A	3,15	A	4,48	A



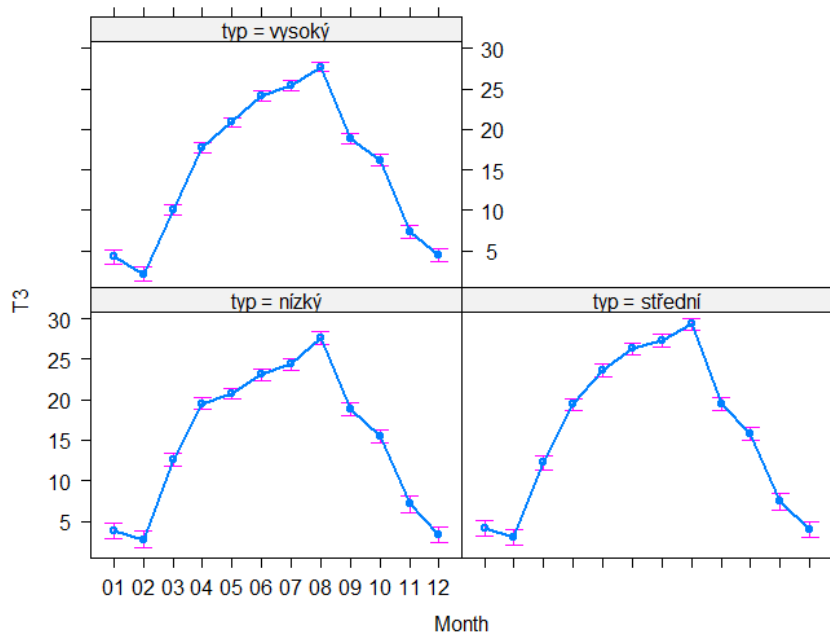
Obrázek 16: Graf znázorňující rozdíly mezi typy lesa v průměrných měsíčních vlhkostech vytvořen na základě obecného lineárního modelu zahrnujícího interakce. Na ose x jsou jednotlivé měsíce v roce, na ose y pak procentuální vlhkost půdy.



Obrázek 17: Graf znázorňující rozdíly mezi typy lesa v průměrných měsíčních maximálních teplotách půdy vytvořen na základě obecného lineárního modelu zahrnujícího interakce. Na ose x jsou jednotlivé měsíce v roce, na ose y pak výše teplot půdy ve stupních Celsia.



Obrázek 18: Graf znázorňující rozdíly mezi typy lesa v průměrných měsíčních maximálních teplotách na povrchu vytvořen na základě obecného lineárního modelu zahrnujícího interakce. Na ose x jsou jednotlivé měsíce v roce, na ose y pak výše teplot na povrchu ve stupních Celsia.

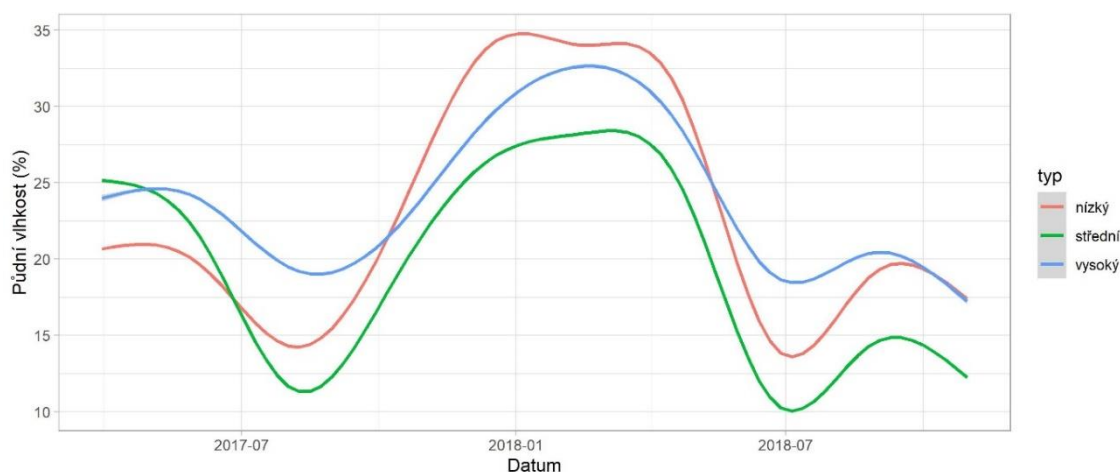


Obrázek 19: Graf znázorňující rozdíly mezi typy lesa v průměrných měsíčních maximálních teplotách vzduchu vytvořen na základě obecného lineárního modelu zahrnujícího interakce. Na ose x jsou jednotlivé měsíce v roce, na ose y pak výše teplot vzduchu ve stupních Celsia.

5.2 Výsledky z plochy Soběšice

5.2.1 Půdní vlhkost

Nejnižší půdní vlhkost po většinu doby měření byla v lese středním. Přibližně do října roku 2017 byla vlhkost v lese vysokém vyšší než v lese nízkém. Poté přibližně do května 2018 měl les nízký zase vyšší vlhkost než les vysoký (obr. 20)

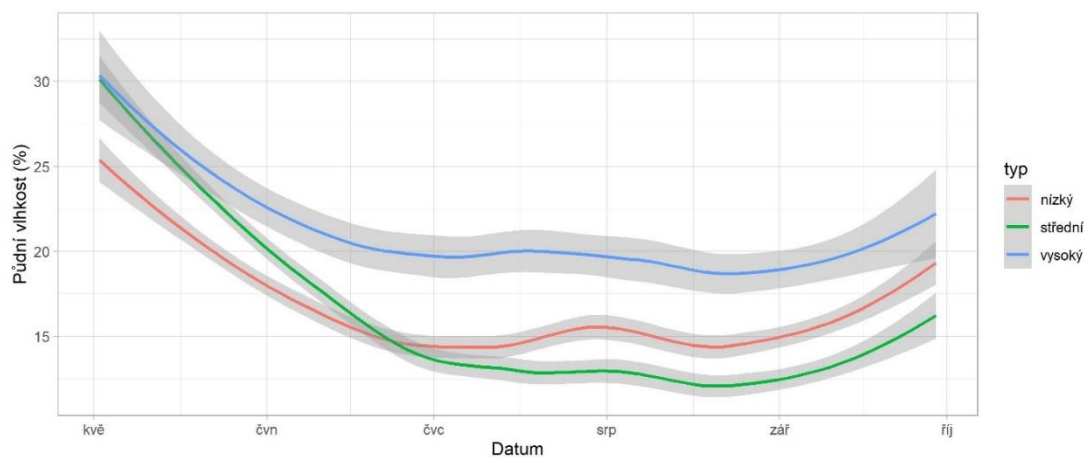


Obrázek 20: Půdní vlhkost v lese nízkém, středním a vysokém od roku 2017 do roku 2018. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nařítovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

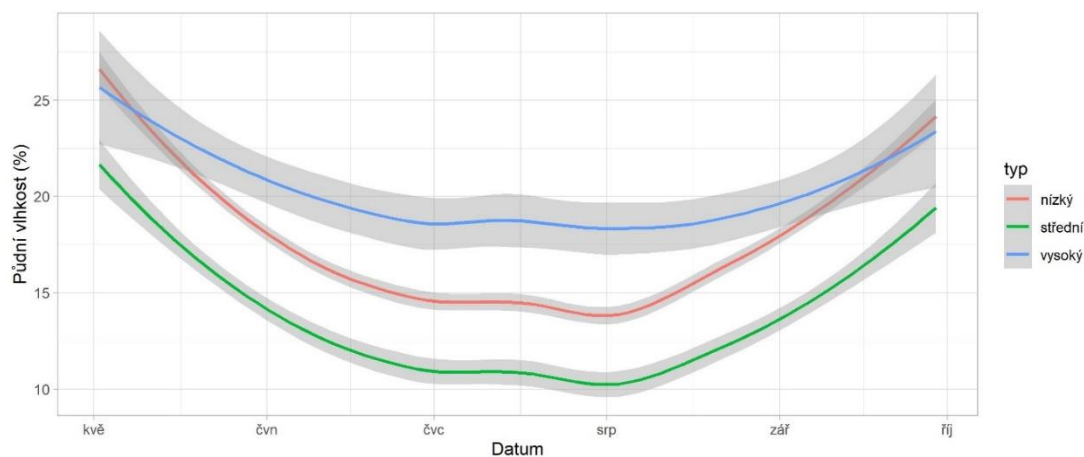
5.2.3 Půdní vlhkosti v letním období

Ve vybraném období roku 2017 se ukázalo, že nejvyšší minimální denní půdní vlhkosti byly v lese vysokém. Les nízký měl oproti lesu střednímu nižší minimální vlhkosti až do července roku 2017, poté měl nižší vlhkostí minima les střední (obr. 21)

Naproti tomu v roce 2018 měl les střední nižší vlhkost oproti ostatním v celém období. Po většinu období měl pak les střední nižší půdní minimální vlhkost než les vysoký (obr. 22).



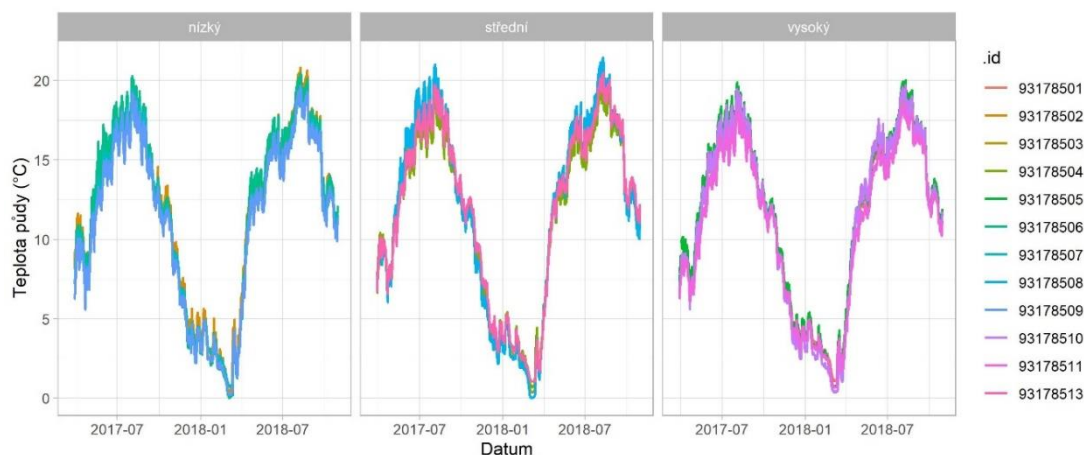
Obrázek 21: Půdní vlhkost v lese nízkém, středním a vysokém v období od května do října 2017. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nafitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.



Obrázek 22: Půdní vlhkost v lese nízkém, středním a vysokém v období od května do října 2018. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nafitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

5.2.4 Teplota půdy

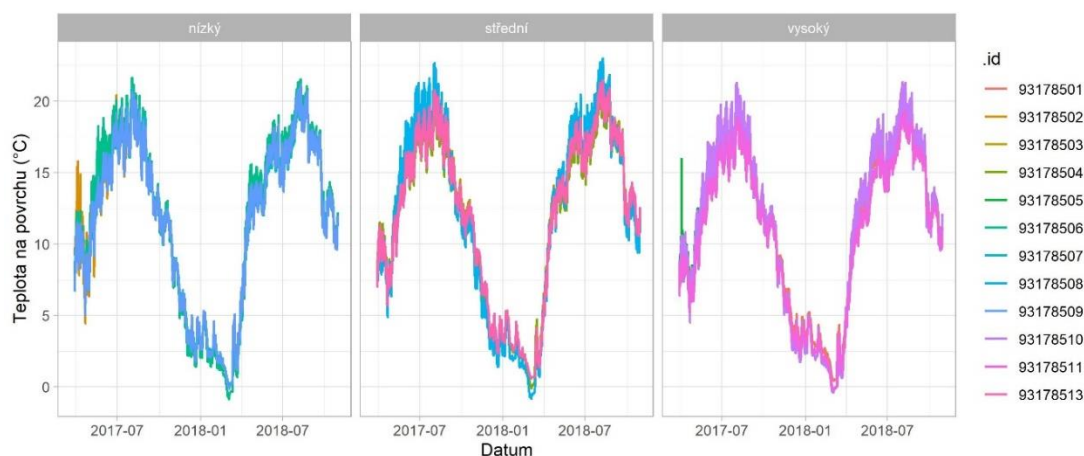
Půdní teploty byly vyšší v lese středním než v lese vysokém a nízkém, hlavně v letním období. Půdní teploty lesa vysokého byly nižší než lesa nízkého (obr. 23)



Obrázek 23: Teplota půdy v lese nízkém, středním a vysokém v letech 2017 a 2018. Znáznorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat.

5.2.5 Teplota na povrchu půdy

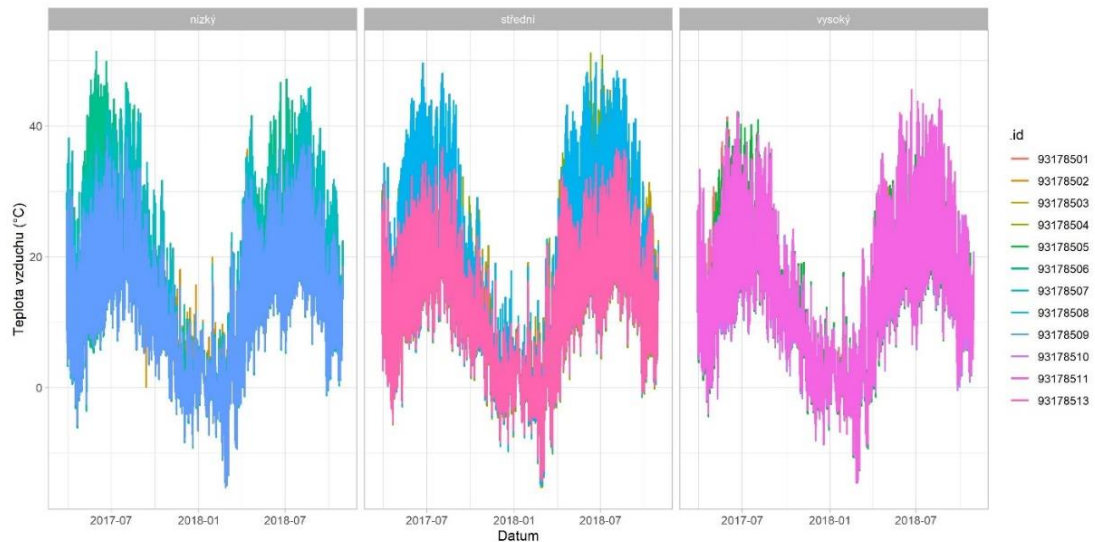
Teplota na povrchu byla vyšší u lesa středního oproti lesu vysokému a nízkému opět převážně v letních měsících. Les vysoký měl nižší teploty jak v létě, tak i v zimě, v porovnání s lesem nízkým a středním (obr. 24)



Obrázek 24: Teplota na povrchu půdy v lese nízkém, středním a vysokém v letech 2017 a 2018. Znáznorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat.

5.2.6 Teplota vzduchu

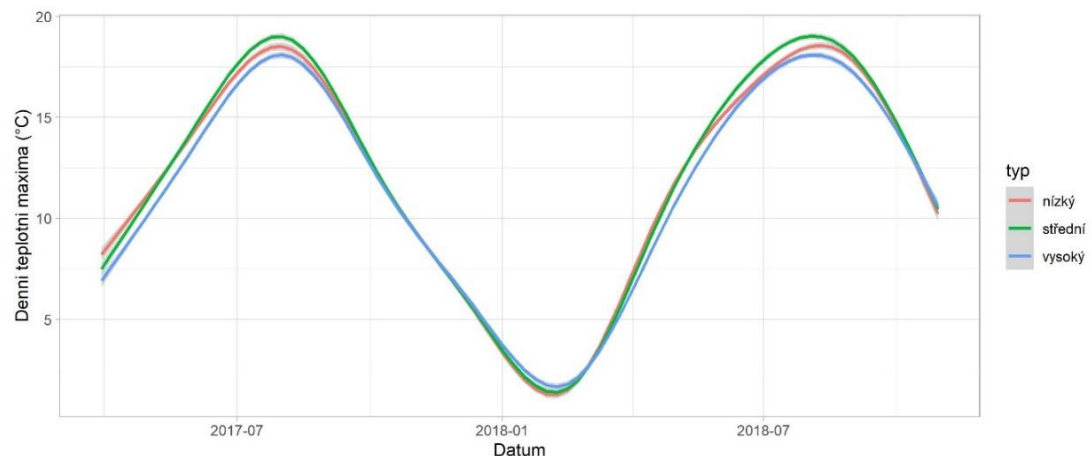
U teploty vzduchu se ukázalo, že nejnižší panovaly převážně v lese vysokém. V lese středním byly teploty většinou vyšší než v lese nízkém (obr. 25)



Obrázek 25: Teplota vzduchu v lese nízkém, středním a vysokém v letech 2017 a 2018. Znáznorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nafiťovaného do dat.

5.2.7 Maximální denní teploty

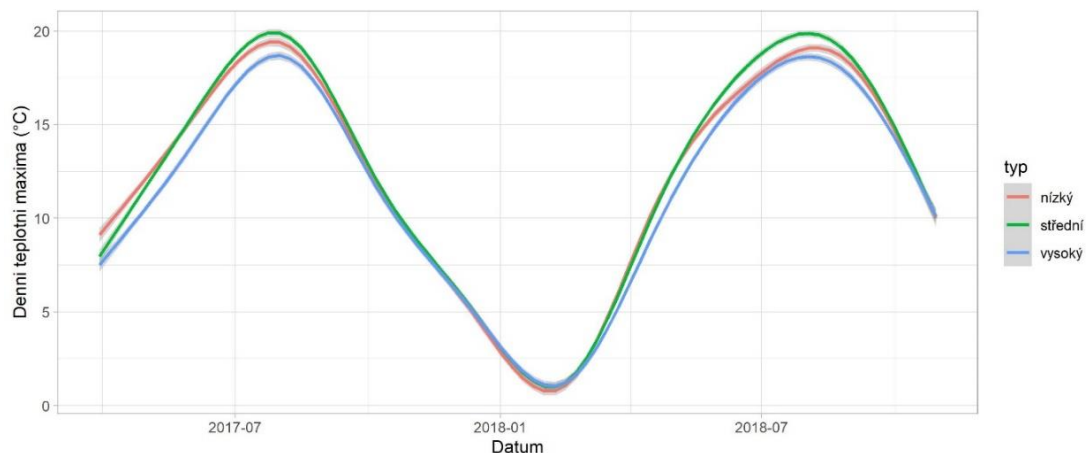
Maximální denní půdní teploty v lese vysokém byly nižší než v lese středním a nízkém až přibližně do října roku 2017. Zároveň byly maximální teploty v letních měsících roku 2017 v lese středním vyšší než v lese vysokém. V první polovině roku 2018 byly nejnižší teploty půdy naměřeny v lese vysokém a v letních měsících vyšší teploty v lese středním a nízkém oproti lesu vysokému (obr. 26)



Obrázek 26: Maximální denní teplota půdy v lese nízkém, středním a vysokém v letech 2017 a 2018. Znáznorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nafiťovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

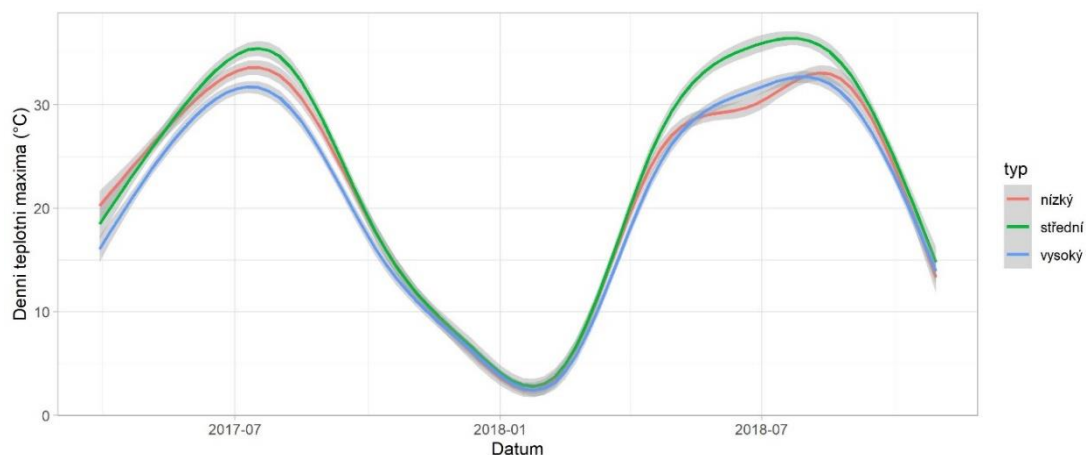
Maximální denní teploty na povrchu půdy byly nižší v lese vysokém oproti lesu střednímu a nízkému, přibližně do října roku 2017. Zároveň byly maximální teploty v letních měsících roku 2017 v lese středním vyšší než v lese vysokém. V první

polovině roku 2018 byly nejnižší teploty půdy naměřeny v lese vysokém a v letních měsících nejvyšší teploty v lese středním (obr. 27)



Obrázek 27: Maximální denní teplota na povrchu půdy v lese nízkém, středním a vysokém v letech 2017 a 2018. Znáznorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

U maximální teploty vzduchu se ukázalo, že převážnou část roku 2017 měl nejnižší teploty les vysoký. Maximální teploty vzduchu v lese středním pak byly hlavně v létě vyšší než v lese středním. V roce 2018 měl přibližně od května nevyšší maximální teploty vzduchu les střední. Teploty v lese vysokém a nízkém nedosahovaly významných rozdílů (obr. 28)

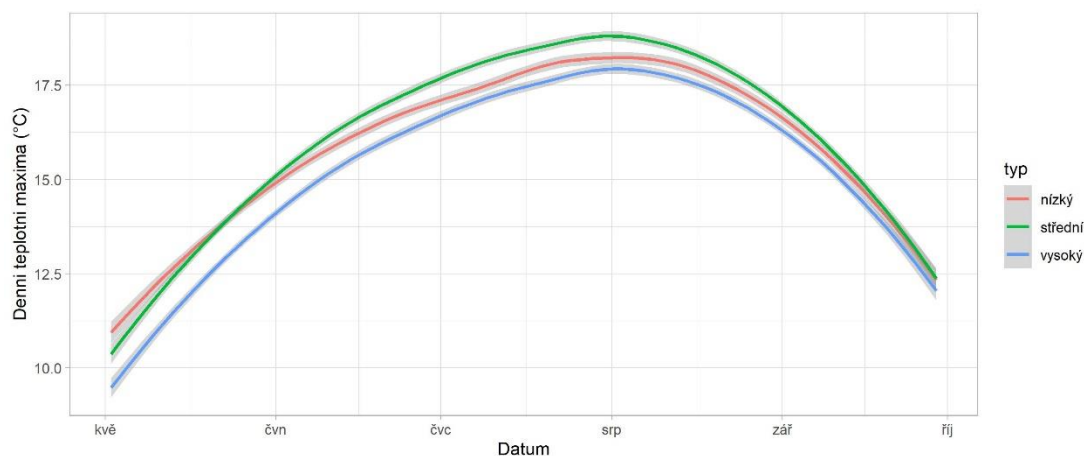


Obrázek 28: Maximální denní teplota vzduchu v lese nízkém, středním a vysokém v letech 2017 a 2018. Znáznorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

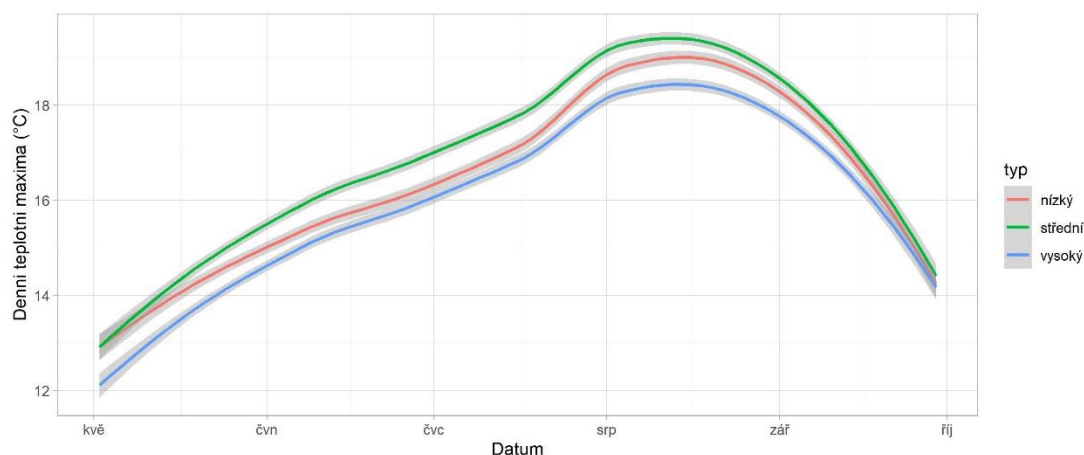
5.2.8 Maximální denní teploty v letním období

Ve vybraném období roku 2017 byly v lese vysokém téměř celou dobu maximální denní teploty půdy nižší než v lese středním a vysokém. Od června přibližně do poloviny září v lese středním panovaly vyšší denní maxima než v lese nízkém (obr.

29). Ve vybraném období roku 2018 byly většinou nejnižší teplotní maxima v lese vysokém. Nejvyšší pak byly naměřeny v lese středním po téměř celé období (obr. 30).



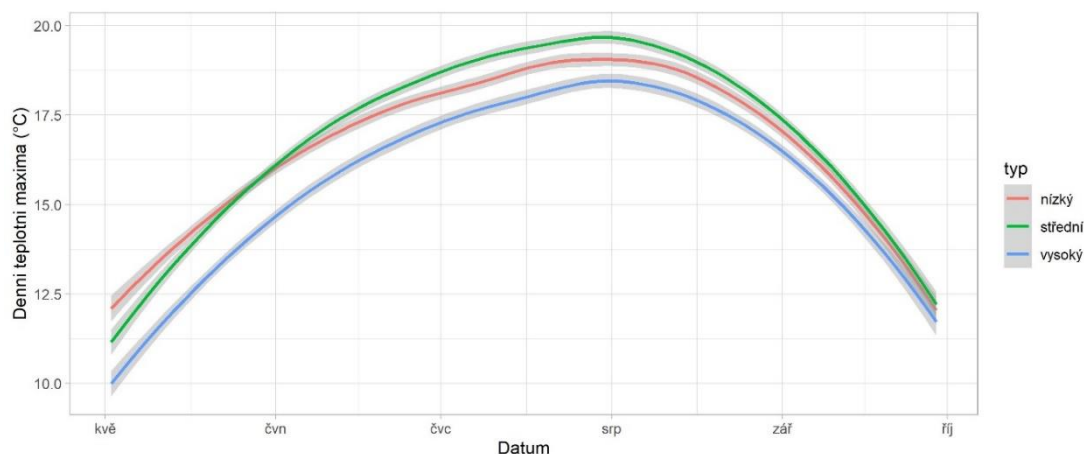
Obrázek 29: Maximální denní teplota půdy v lese nízkém, středním a vysokém v období od května do října 2017. Znáznorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.



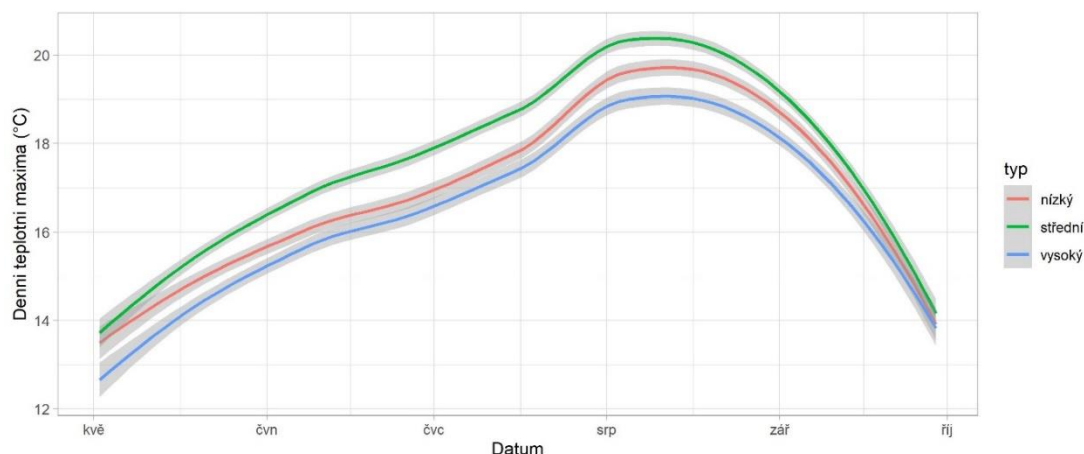
Obrázek 30: Maximální denní teplota půdy v lese nízkém, středním a vysokém v období od května do října 2018. Znáznorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

V případě maximálních teplot na povrchu půdy byly ve vybraném období roku 2017 naměřeny nejnižší teplotní maxima opět v lese vysokém. Od června do poloviny září byly teplotní maxima lesa středního vyšší než lesa nízkého (obr. 31).

Ve vybraném období roku 2018 byla teplotní maxima na povrchu lesa vysokého významně nižší oproti ostatním typům lesa již jen v květnu a přibližně od poloviny července do poloviny září. Ve středním lese byla teplotní maxima na povrchu vyšší téměř po celé období oproti lesu nízkému i vysokému (obr. 32)



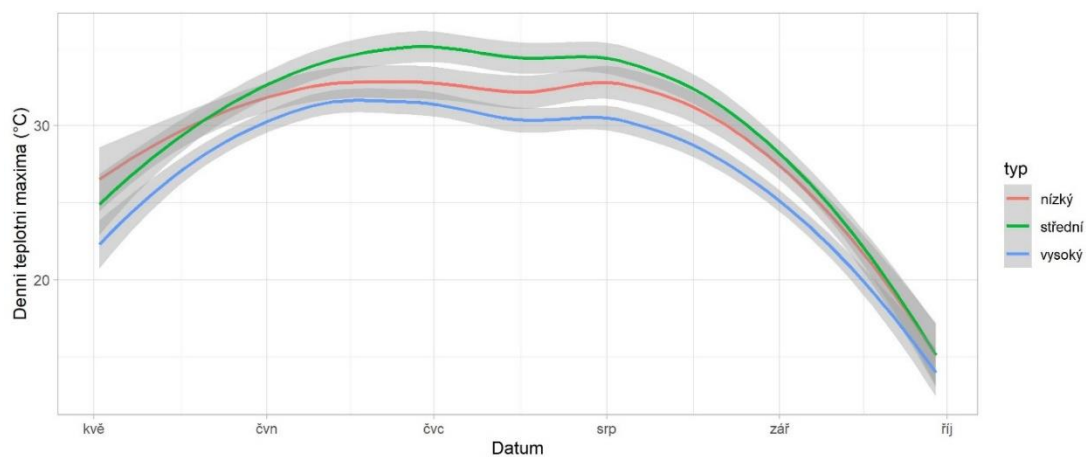
Obrázek 31: Maximální denní teplota na povrchu půdy v lese nízkém, středním a vysokém v období od května do října 2017. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nafitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.



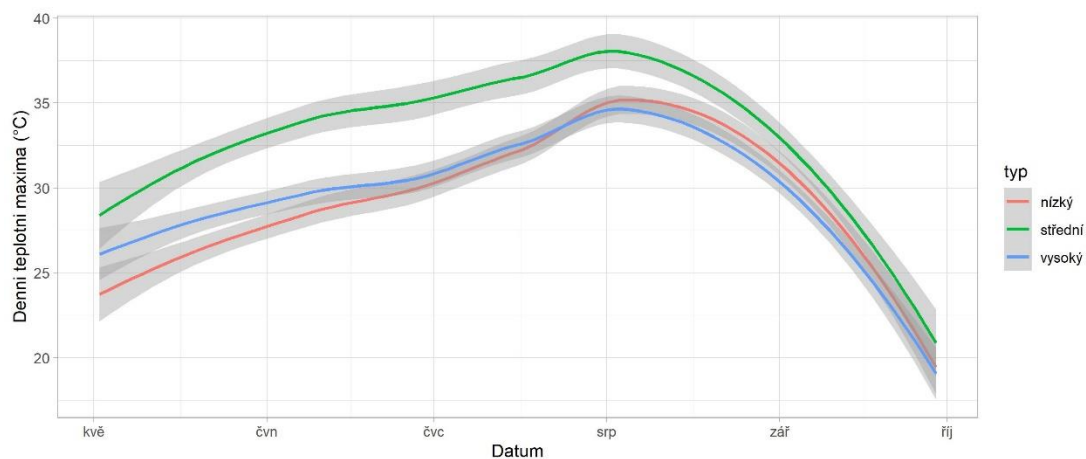
Obrázek 32: Maximální denní teplota na povrchu půdy v lese nízkém, středním a vysokém v období od května do října 2018. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nafitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

Maximální teploty vzduchu v lese vysokém byly ve vybraném období roku 2017 významně nižší jen od poloviny července do přibližně poloviny září. Les střední pak dosahoval vyšších teplot oproti lesu nízkému a vysokému jen na konci června a v průběhu července (obr. 33)

V roce 2018 ve vybraném období už ale v lese středním byly naměřeny vyšší teploty než v ostatních typech téměř po celou dobu. Les nízký a vysoký se významně lišil jen v druhé polovině května, kdy byla maxima vyšší v lese vysokém, jinak se tyto dva typy lesa významně nelišily (obr. 34).



Obrázek 33: Maximální denní teplota vzduchu v lese nízkém, středním a vysokém v období od května do října 2017. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nafitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.



Obrázek 34: Maximální denní teplota vzduchu v lese nízkém, středním a vysokém v období od května do října 2018. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nafitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

5.2.9 Porovnání průměrných měsíčních hodnot

Průměrná měsíční vlhkost půdy

Ve všech měsících byla nejnižší procentuální vlhkost půdy naměřena v lese středním. V listopadu a v zimních měsících byla nejvyšší vlhkost naměřena v lese nižším, naopak od měsíce května do měsíce srpna byla největší vlhkost půdy v lese vysokém. (obr. 35) (Tabulka 2).

Průměrné měsíční maximální teploty půdy

V měsících od dubna do září byly v lese vysokém naměřeny nižší průměrné maximální teploty půdy než v ostatních typech lesa. Teploty se mezi sebou významně nelišily v měsících od ledna do března a od října do prosince. Les střední a nízký se v měsíčních průměrech maximálních teplot půdy po dobu měření většinou významně nelišily (obr. 36) (Tabulka 2).

Průměrné měsíční maximální teploty na povrchu

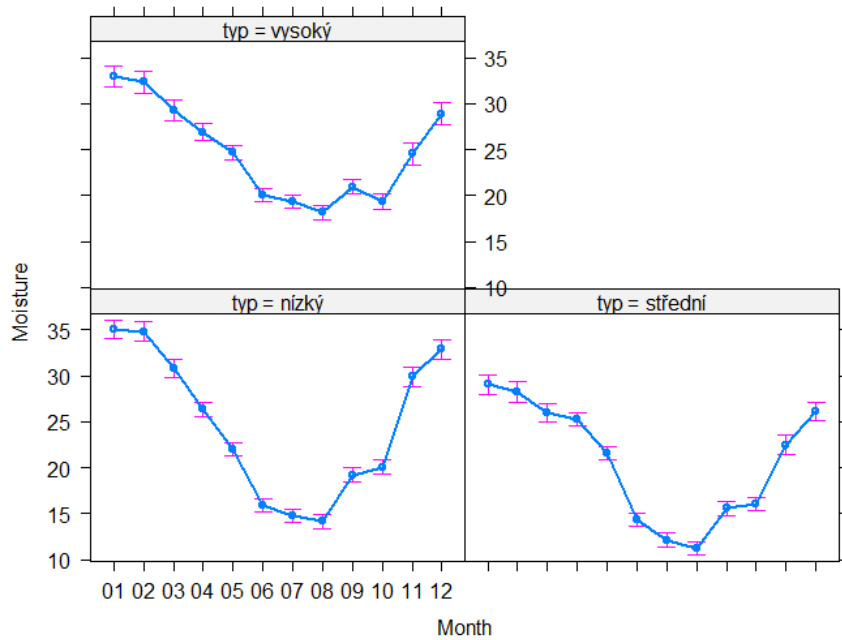
Převážnou část roku byly nejnižší teploty na povrchu naměřeny v lese vysokém. V letním období měl nejvyšší teploty les střední a v měsících od ledna do března a od listopadu do prosince se teploty významně nelišily (obr. 37) (Tabulka 2).

Průměrné měsíční maximální teploty vzduchu

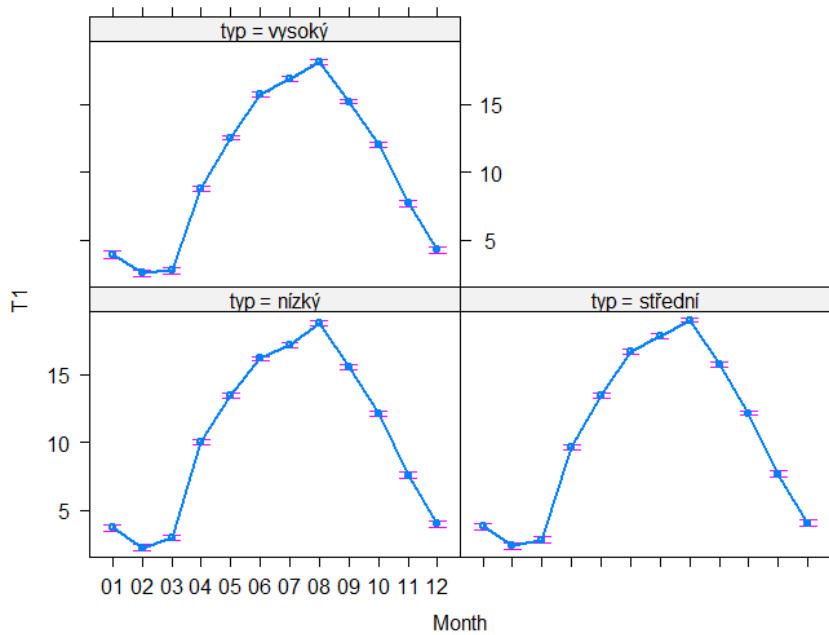
V měsících od ledna do března a od listopadu do prosince se teploty vzduchu mezi typy lesa významně nelišily. Od května do srpna měl nejvyšší teploty les střední, přičemž les nízký a vysoký se významně nelišily. V dubnu, srpnu a říjnu a listopadu byly teploty vzduchu nejnižší v lese vysokém. (obr. 38) (Tabulka 2).

Tabulka 2: Tabulka porovnávající průměrné měsíční vlhkosti a měsíční průměry denních maximálních teplot (půdy, na povrchu a vzduchu) mezi typy lesa. Ve sloupci Rozdíl je pomocí velkých písmen znázorněno, jak se mezi sebou typy lesa lišily na hladině významnosti 0.05. Pokud se typ lišil oproti ostatním, je označen jiným písmenem, pokud se lišily jen dva typy lesa mezi sebou a oproti třetímu se nelišily, jsou označeny AB.

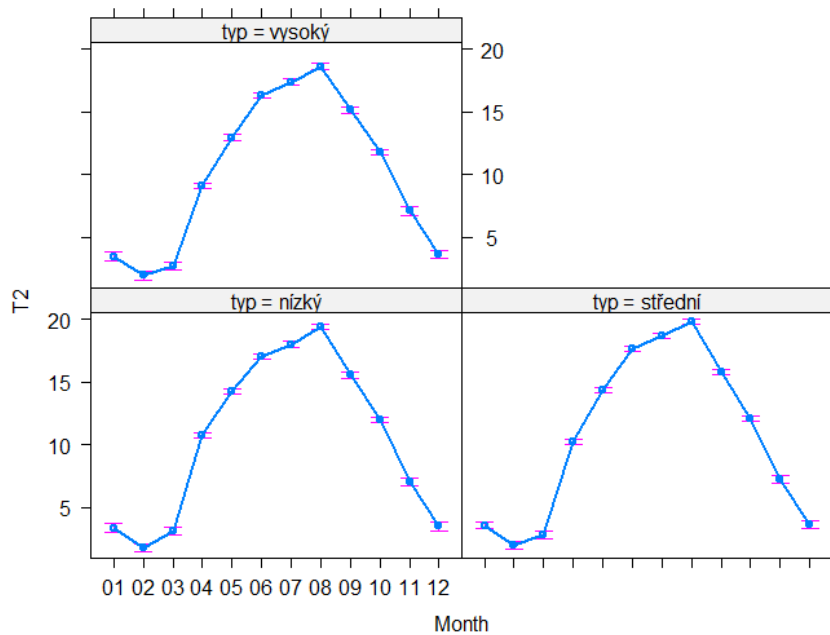
Měsíc	Typ	Vlhkost (%)	Rozdíl	T1 (°C)	Rozdíl	T2 (°C)	Rozdíl	T3 (°C)	Rozdíl
Leden	nízký	36,09	A	2,45	A	2,14	AB	3,8	A
	střední	44,02	B	2,95	A	2,62	A	4,19	A
	vysoký	42,02	C	2,9	A	2,72	AB	4,29	A
Únor	nízký	35,2	B	1,2	A	0,75	A	2,77	A
	střední	43,33	A	1,64	A	1,18	A	3,01	A
	vysoký	42,15	A	1,61	A	1,32	A	2,1	A
Březen	nízký	34,44	B	3,18	A	3,51	A	12,58	A
	střední	40,84	A	3,26	A	3,58	A	12,2	A
	vysoký	41,13	A	2,77	B	2,89	B	10,07	B
Duben	nízký	35,27	B	8,77	A	9,75	A	19,54	A
	střední	40,51	A	8,46	A	9,37	A	19,4	A
	vysoký	40,53	A	8,11	B	8,63	B	17,76	B
Květen	nízký	30,62	B	12	AB	13,05	A	20,73	A
	střední	36,68	A	11,85	A	12,92	A	23,58	B
	vysoký	36,45	A	11,61	AB	12,31	B	20,89	A
Červen	nízký	25,33	B	14,9	A	15,93	A	23,07	A
	střední	33,21	A	14,91	A	16,01	A	26,27	B
	vysoký	30,67	A	14,74	A	15,47	B	24,13	A
Červenec	nízký	22,5	B	15,91	A	16,92	A	24,39	A
	střední	29,38	A	15,99	A	17,04	A	27,31	B
	vysoký	28,82	A	15,73	A	16,44	B	25,44	A
Srpen	nízký	19,86	B	17,64	A	18,64	AB	27,6	A
	střední	25,12	A	17,57	A	18,6	A	29,3	B
	vysoký	26,36	A	17,52	A	18,22	AB	27,72	A
Září	nízký	22,7	A	14,23	AB	14,43	A	18,82	A
	střední	31,26	B	14,61	AB	14,8	A	19,48	A
	vysoký	29,73	C	14,56	A	14,68	A	18,89	A
Říjen	nízký	23,37	B	11,02	AB	11,06	AB	15,48	A
	střední	30,85	A	11,39	A	11,34	A	15,79	A
	vysoký	30,85	A	11,64	AB	11,65	AB	16,21	A
Listopad	nízký	32,37	A	6,31	B	5,85	AB	7,11	A
	střední	40,14	B	6,97	A	6,46	A	7,43	A
	vysoký	36,75	C	6,95	A	6,62	AB	7,35	A
Prosinec	nízký	34,97	A	2,78	B	2,3	B	3,35	A
	střední	42,76	B	3,51	A	3,07	A	3,92	A
	vysoký	39,87	C	3,45	A	3,15	A	4,48	A



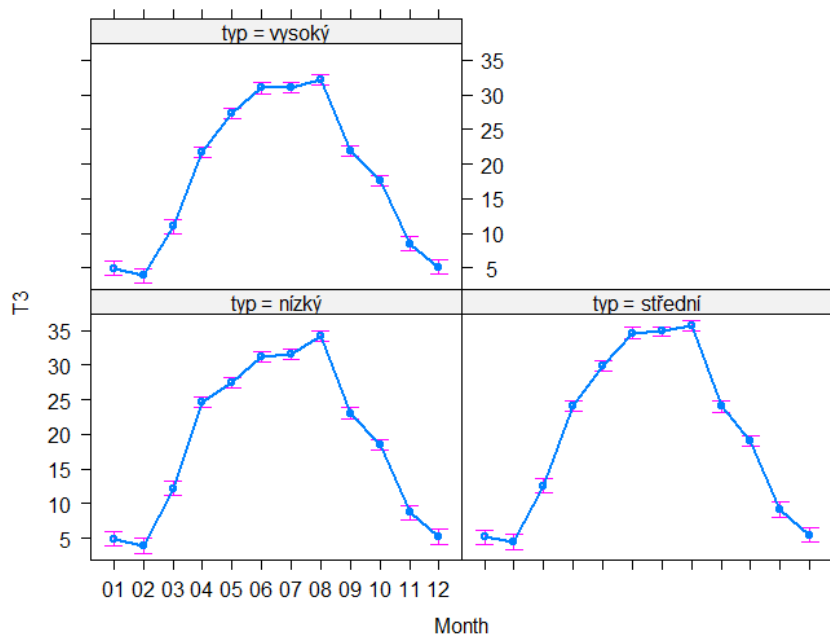
Obrázek 35: Graf znázorňující rozdíly mezi typy lesa v průměrných měsíčních vlhkostech vytvořen na základě obecného lineárního modelu zahrnujícího interakce. Na ose x jsou jednotlivé měsíce v roce, na ose y pak procentuální vlhkost půdy.



Obrázek 36: Graf znázorňující rozdíly mezi typy lesa v průměrných měsíčních maximálních teplotách půdy vytvořen na základě obecného lineárního modelu zahrnujícího interakce. Na ose x jsou jednotlivé měsíce v roce, na ose y pak výše teplot půdy ve stupních Celsia.



Obrázek 37: Graf znázorňující rozdíly mezi typy lesa v průměrných měsíčních maximálních teplotách na povrchu vytvořen na základě obecného lineárního modelu zahrnujícího interakce. Na ose x jsou jednotlivé měsíce v roce, na ose y pak výše teplot na povrchu ve stupních Celsia.

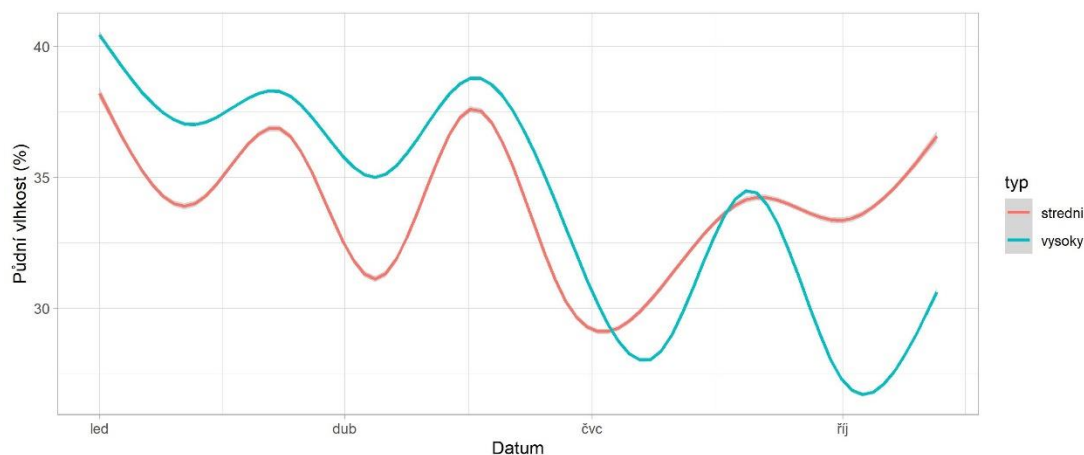


Obrázek 38: Graf znázorňující rozdíly mezi typy lesa v průměrných měsíčních maximálních teplotách vzduchu vytvořen na základě obecného lineárního modelu zahrnujícího interakce. Na ose x jsou jednotlivé měsíce v roce, na ose y pak výše teplot vzduchu ve stupních Celsia.

5.3 Výsledky z plochy Na Voskopě

5.3.1 Půdní vlhkost v celém období

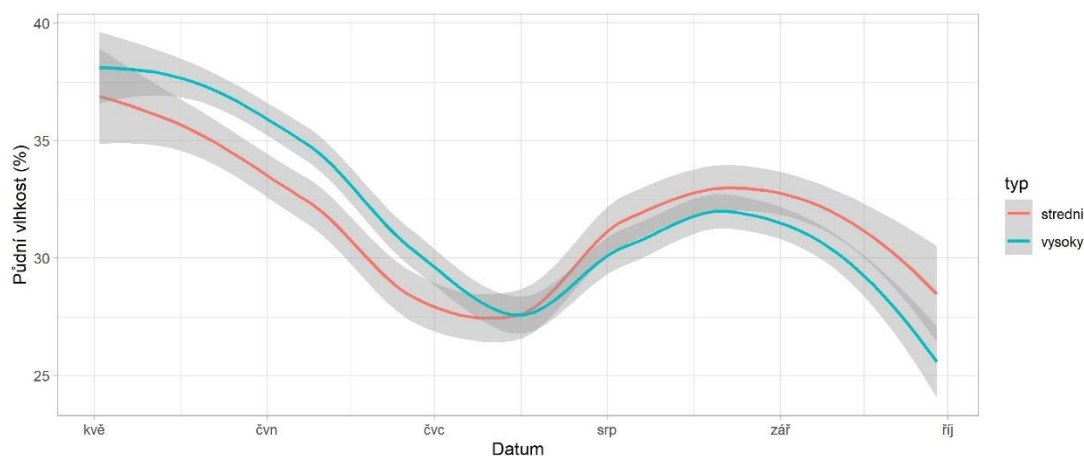
Ukázalo se, že na této lokalitě byla po téměř celou dobu měření v lese středním půdní vlhkost nižší než v lese vysokém. Pouze v červenci byla vlhkost v lese středním vyšší (obr. 39).



Obrázek 39: Půdní vlhkost v lese středním a vysokém v období od ledna do konce října 2019. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

5.3.2 Půdní vlhkost v letním období

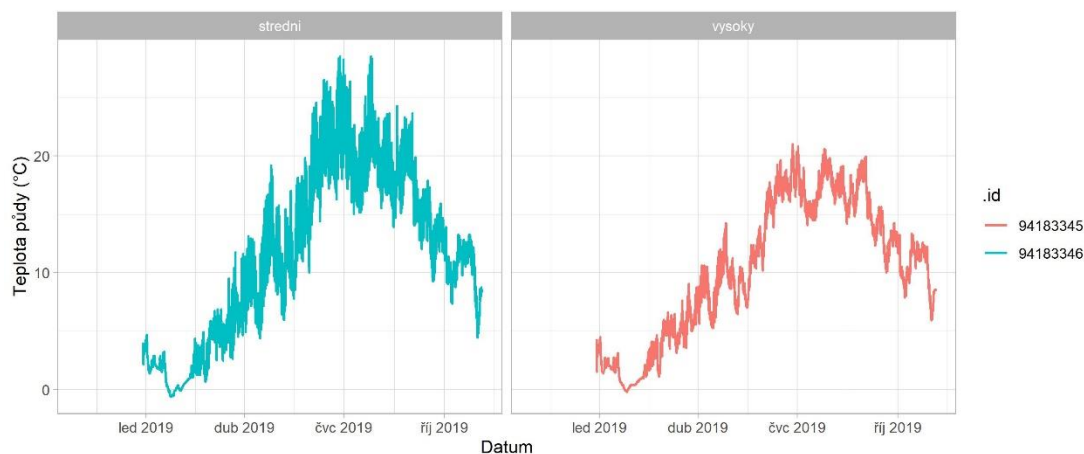
Minimální denní půdní vlhkost byla do července vyšší v lese vysokém oproti střednímu, poté byla vyšší spíše v lese středním (obr. 40)



Obrázek 40: Půdní vlhkost v lese středním a vysokém v období od května do října 2019. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

5.3.4 Teplota půdy

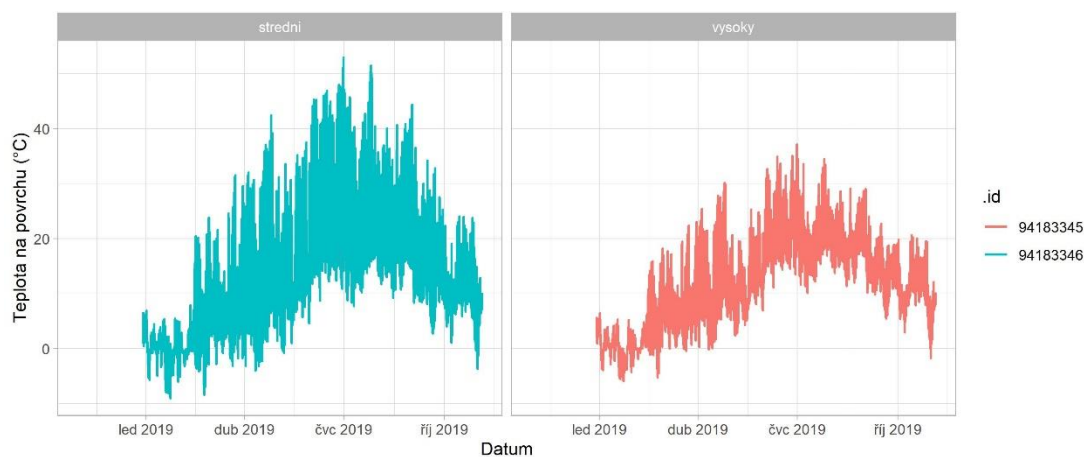
Teplota půdy byla v lese vysokém nižší než v lese středním po převážnou část doby měření. Les střední také dosahoval nižších teplot v zimě oproti lesu vysokému (obr. 41).



Obrázek 41: Teplota půdy v lese středním a vysokém v období od ledna do konce října 2019. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nařítovaného do dat.

5.3.5 Teplota na povrchu

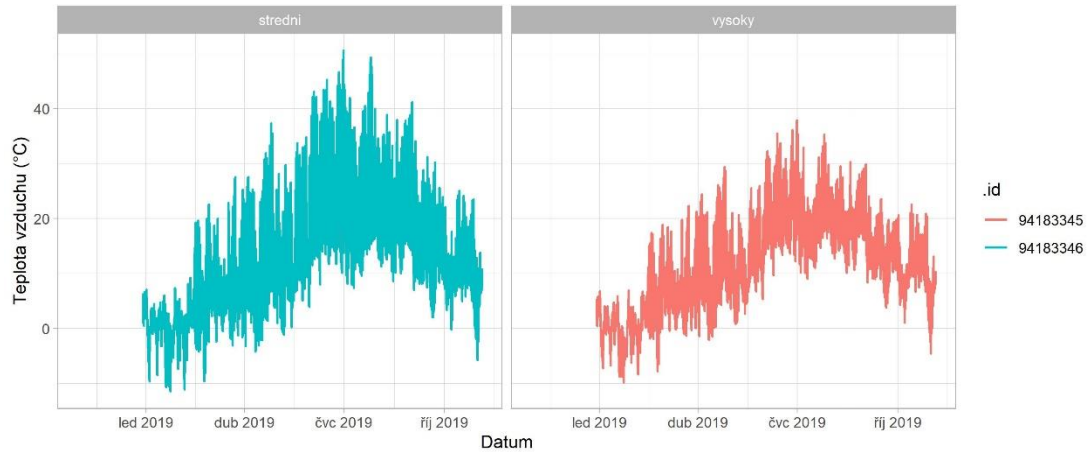
Teplota na povrchu byla vyšší v lese středním v porovnání s lesem vysokým, v zimních měsících zde byla zase nižší (obr. 42)



Obrázek 42: Teplota na povrchu v lese středním a vysokém v období od ledna do konce října 2019. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nařítovaného do dat.

5.3.6 Teplota vzduchu

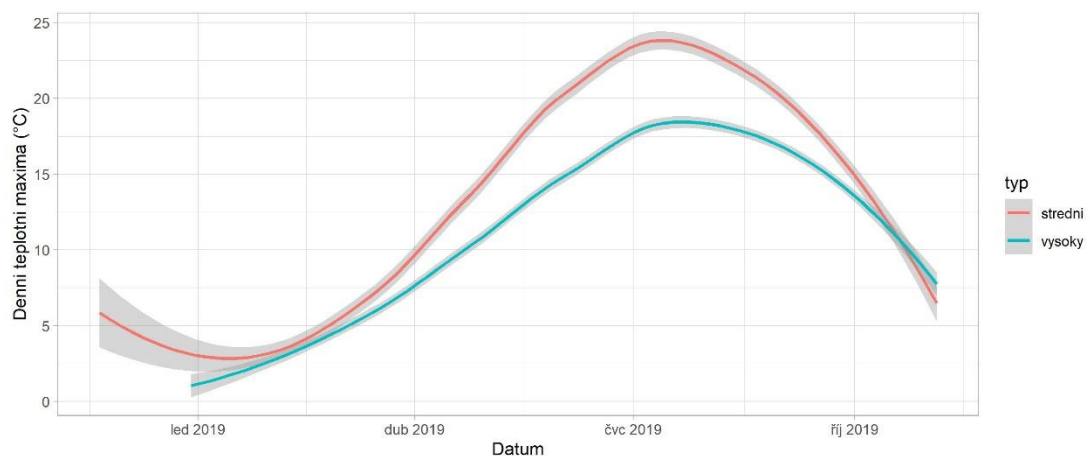
V případě teplot vzduchu se také ukázalo, že v lese středním dosahovaly teploty vyšších hodnot než v lese vysokém (obr. 43)



Obrázek 43: Teplota vzduchu v lese středním a vysokém v období od ledna do konce října 2019. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nabitovaného do dat.

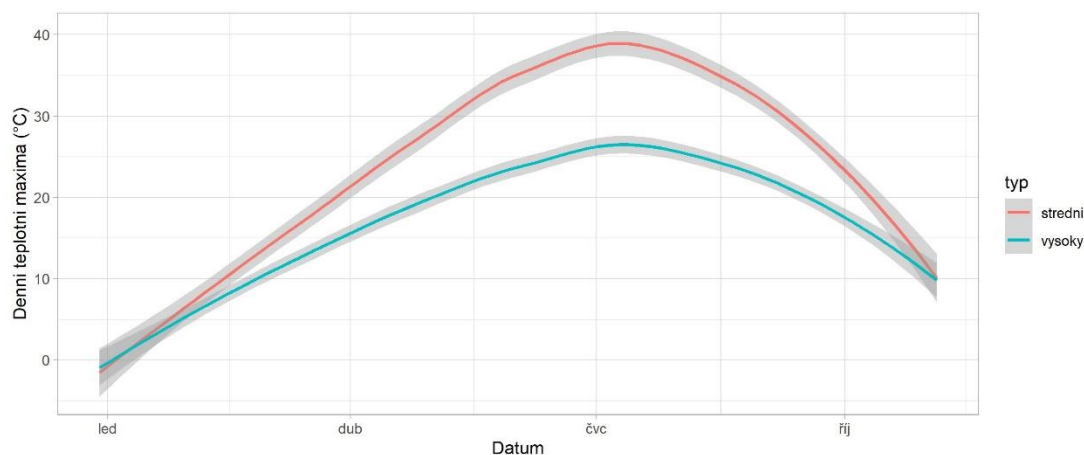
5.3.7 Maximální denní teploty

Maximální denní teploty půdy byly v lese středním vyšší než v lese vysokém přibližně od března do poloviny října (obr. 44)



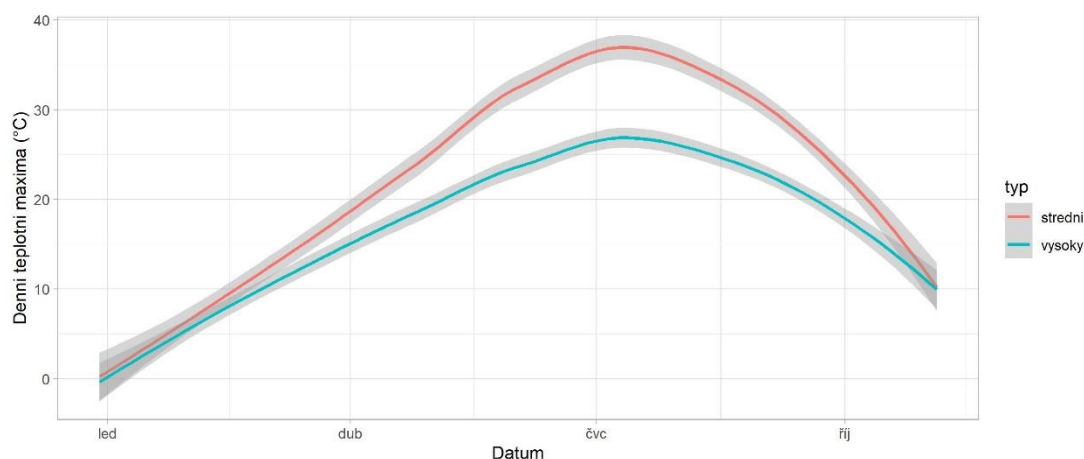
Obrázek 44: Maximální denní teploty půdy v lese středním a vysokém v období od ledna do konce října 2019. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nabitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

V lese středním byly také maximální denní teploty na povrchu vyšší než v lese vysokém téměř po celou dobu měření (obr. 45).



Obrázek 45: Maximální denní teploty na povrchu v lese středním a vysokém v období od ledna do konce října 2019. Znáznorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

Maximální denní teploty vzduchu byly v lese vysokém nižší než v lese středním přibližně od března do října (obr. 46).



Obrázek 46: Maximální denní teploty vzduchu v lese středním a vysokém v období od ledna do konce října 2019. Znáznorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

5.3.8 Porovnání průměrných měsíčních hodnot

V první polovině měsíců má vyšší průměrnou měsíční vlhkost půdy les vysoký. V červenci a srpnu se vlhkost mezi typy nelišila, stejně jako v listopadu a prosinci. V září říjnu měl nejvyšší vlhkost zase les střední. (obr. 47) (Tabulka 3).

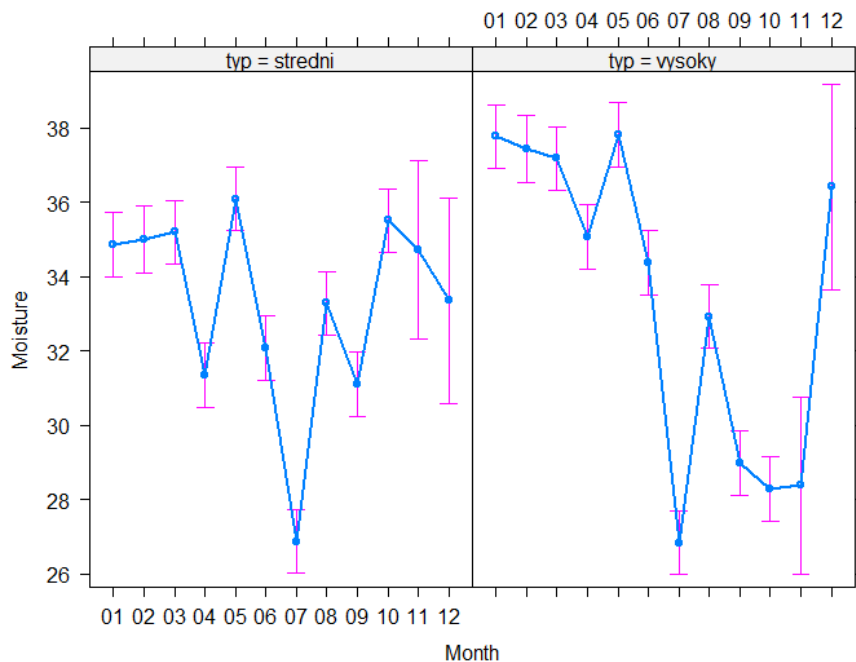
Po většinu roku měl vyšší průměrné měsíční maximální teploty půdy les střední oproti lesu vysokému (obr. 48) (Tabulka 3).

Průměrné měsíční maximální teploty na povrchu byly také po většinu roku naměřeny v lese středním. (obr. 49) (Tabulka 3).

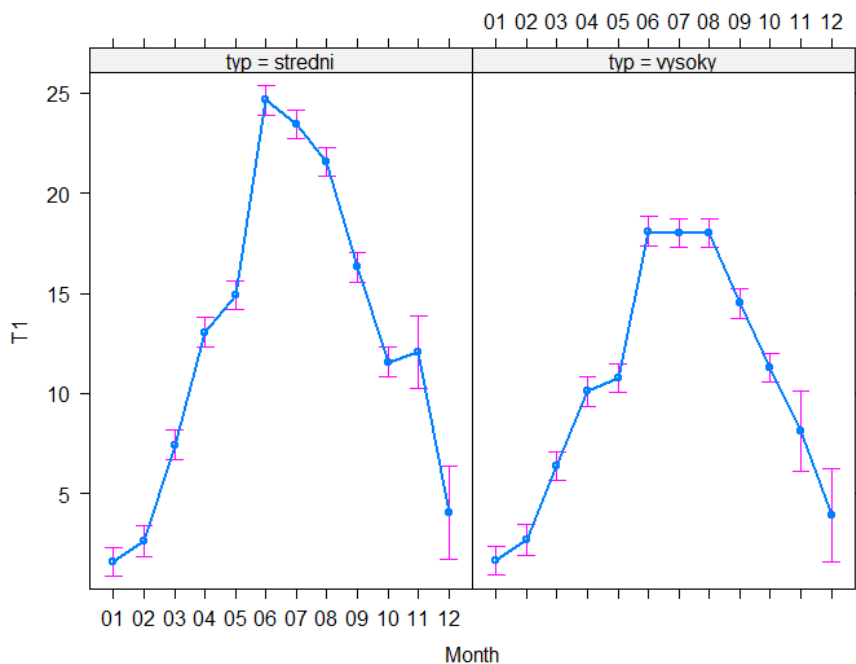
Průměrné měsíční maximální teploty vzduchu se lišily od dubna do září, kdy vyšší teploty byly naměřeny opět v lese středním (obr. 50) (Tabulka 3).

Tabulka 3: Tabulka porovnávající průměrné měsíční vlhkosti a měsíční průměry denních maximálních teplot (půdy, na povrchu a vzduchu) mezi typy lesa. Ve sloupci Rozdíl je pomocí velkých písmen znázorněno, jak se mezi sebou typy lesa lišily na hladině významnosti 0.05. Pokud se typ lišil od druhého, je označen jiným písmenem.

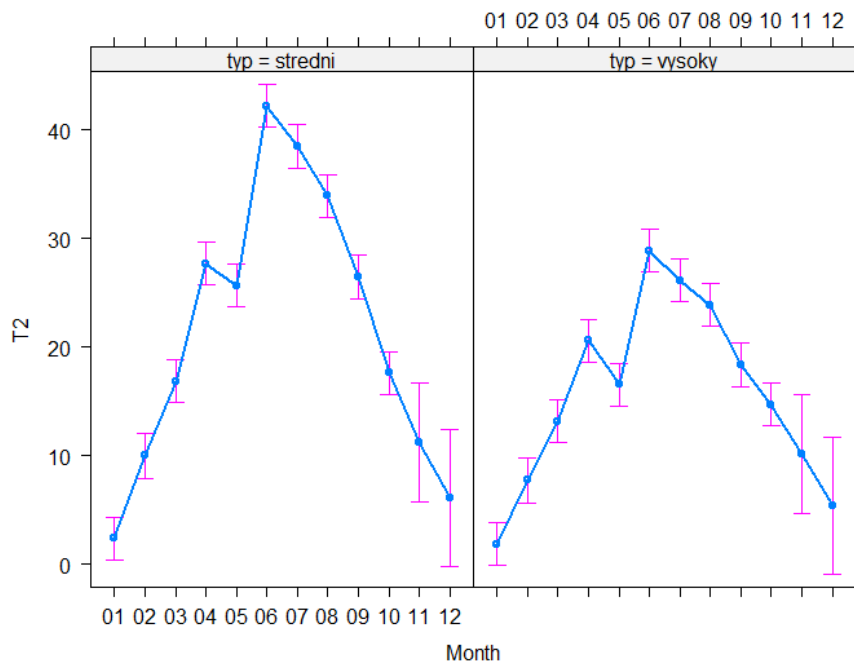
Měsíc	Typ	Vlhkost (%)	Rozdíl	T1 (°C)	Rozdíl	T2 (°C)	Rozdíl	T3 (°C)	Rozdíl
Leden	stredni	34,86	A	1,59	A	2,36	A	2,7	A
	vysoky	37,78	B	1,66	A	1,86	A	1,89	A
Únor	stredni	35,01	A	2,62	A	9,98	A	10,25	A
	vysoky	37,42	B	2,67	A	7,74	A	8,5	A
Březen	stredni	35,2	A	7,43	A	16,82	A	14,82	A
	vysoky	37,18	B	6,38	B	13,14	B	12,7	A
Duben	stredni	31,37	A	13,06	A	27,69	A	23,42	A
	vysoky	35,09	B	10,12	B	20,56	B	19,29	B
Květen	stredni	36,1	A	14,91	A	25,65	A	23,76	A
	vysoky	37,82	B	10,77	B	16,56	B	16,74	B
Červen	stredni	32,08	A	24,65	A	42,2	A	39,56	A
	vysoky	34,39	B	18,09	B	28,87	B	29,12	B
Červenec	stredni	26,88	A	23,43	A	38,47	A	36,52	A
	vysoky	26,85	A	18,02	B	26,13	B	26,36	B
Srpen	stredni	33,29	A	21,58	A	33,91	A	32,45	A
	vysoky	32,93	A	18	B	23,85	B	24,43	B
Září	stredni	31,1	A	16,31	A	26,45	A	25,1	A
	vysoky	29	B	14,5	B	18,37	B	18,7	B
Říjen	stredni	35,52	A	11,58	A	17,59	A	17,55	A
	vysoky	28,29	B	11,3	A	14,72	B	15,04	A
Listopad	stredni	34,72	A	12,08	A	11,2	A	11,5	A
	vysoky	28,38	A	8,13	B	10,14	A	10,28	A
Prosinec	stredni	33,36	A	4,06	A	6,08	A	6,17	A
	vysoky	36,42	A	3,92	A	5,35	A	5,34	A



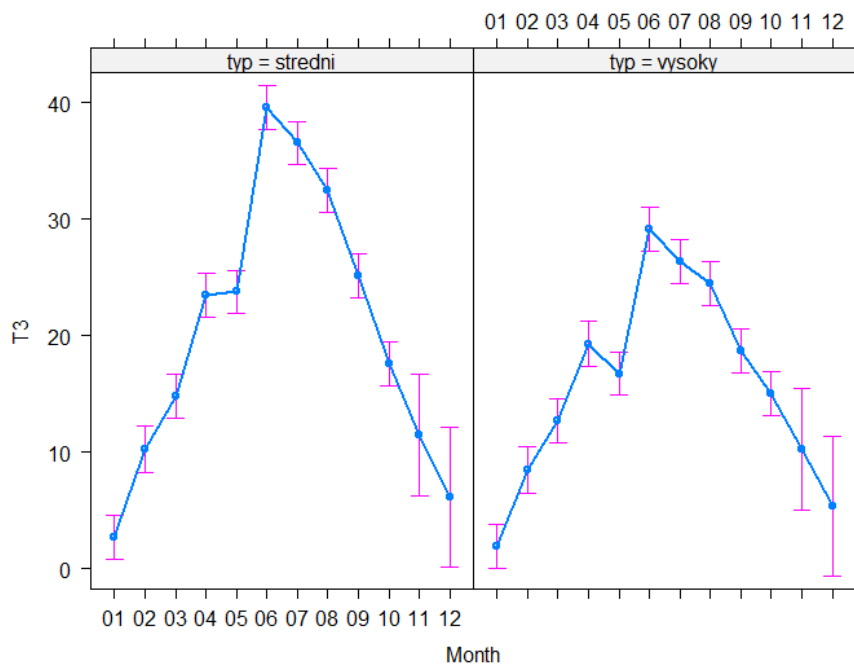
Obrázek 47: Graf znázorňující rozdíly mezi typy lesa v průměrných měsíčních vlhkostech vytvořen na základě obecného lineárního modelu zahrnujícího interakce. Na ose x jsou jednotlivé měsíce v roce, na ose y pak procentuální vlhkost půdy.



Obrázek 48: Graf znázorňující rozdíly mezi typy lesa v průměrných měsíčních maximálních teplotách půdy vytvořen na základě obecného lineárního modelu zahrnujícího interakce. Na ose x jsou jednotlivé měsíce v roce, na ose y pak výše teplot půdy ve stupních Celsia.



Obrázek 49: Graf znázorňující rozdíly mezi typy lesa v průměrných měsíčních maximálních teplotách na povrchu vytvořen na základě obecného lineárního modelu zahrnujícího interakce. Na ose x jsou jednotlivé měsíce v roce, na ose y pak výše teplot na povrchu ve stupních Celsia.

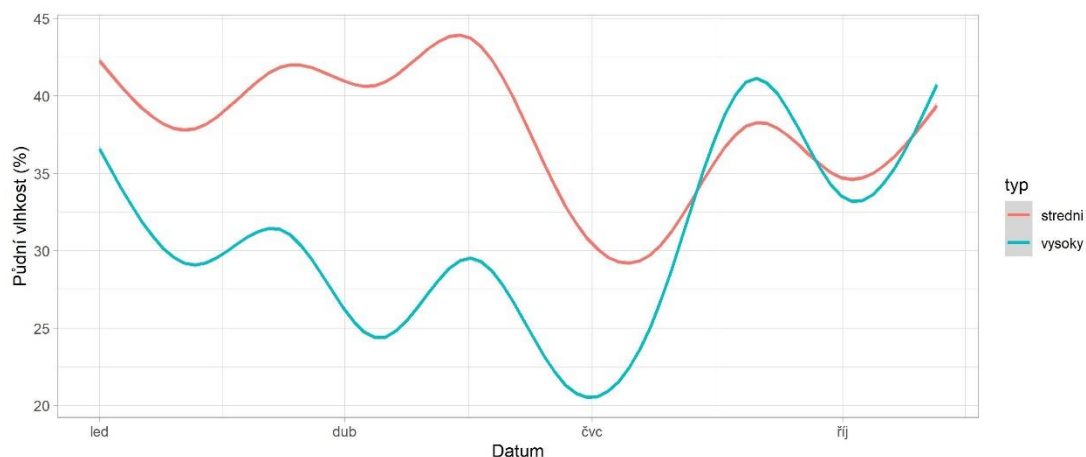


Obrázek 50: Graf znázorňující rozdíly mezi typy lesa v průměrných měsíčních maximálních teplotách vzduchu vytvořen na základě obecného lineárního modelu zahrnujícího interakce. Na ose x jsou jednotlivé měsíce v roce, na ose y pak výše teplot vzduchu ve stupních Celsia.

5.4 Výsledky z plochy Za lípou

5.4.1 Půdní vlhkost v celém období

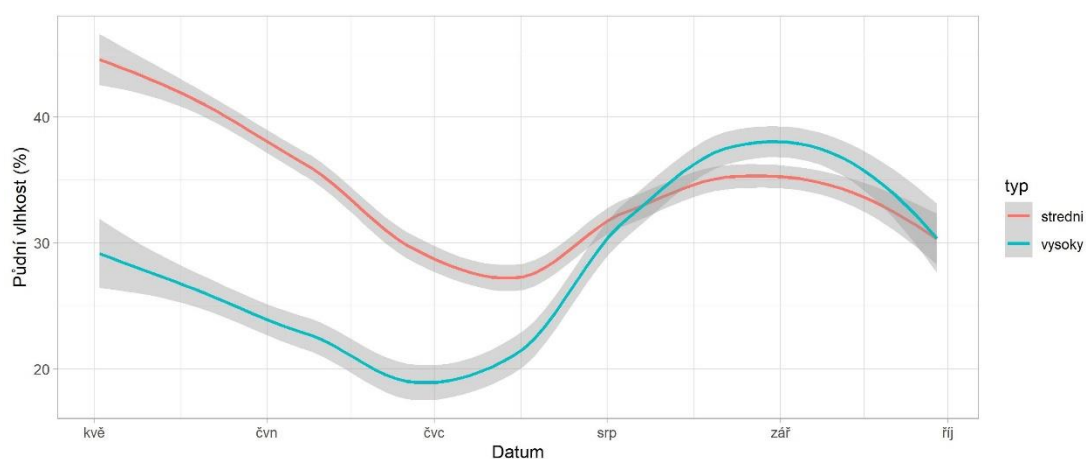
Zde se ukázalo, že vlhkost byla v lese středním vyšší než v lese vysokém od začátku měření až do srpna (obr. 51).



Obrázek 51: Vlhkost půdy v lese středním a vysokém v období od ledna do konce října 2019. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nařítovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

5.4.3 Půdní vlhkost v letním období

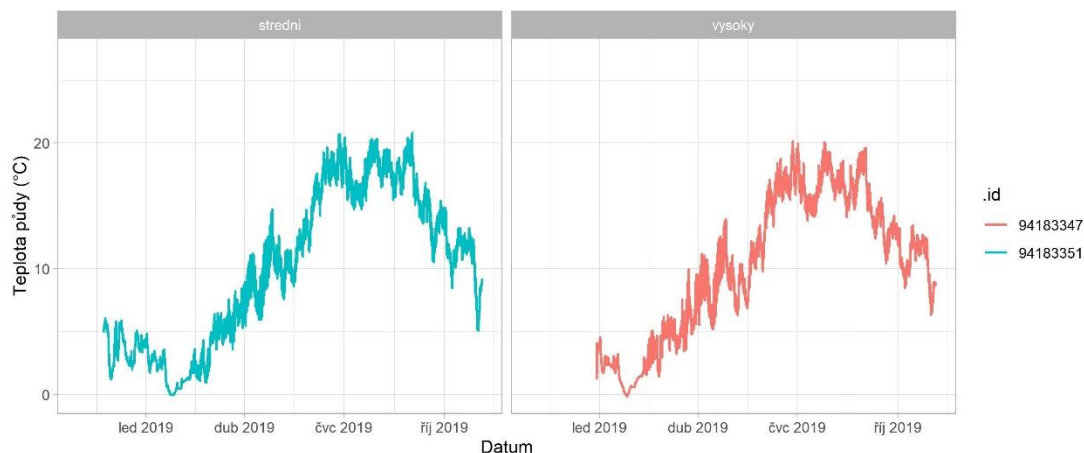
Minimální denní vlhkost byla v lese středním vyšší než v lese vysokém do srpna. Poté až do poloviny září byla vyšší vlhkost v lese vysokém (obr. 52).



Obrázek 52: Půdní vlhkost v lese středním a vysokém v období od května do října 2019. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nařítovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

5.4.4 Teplota půdy

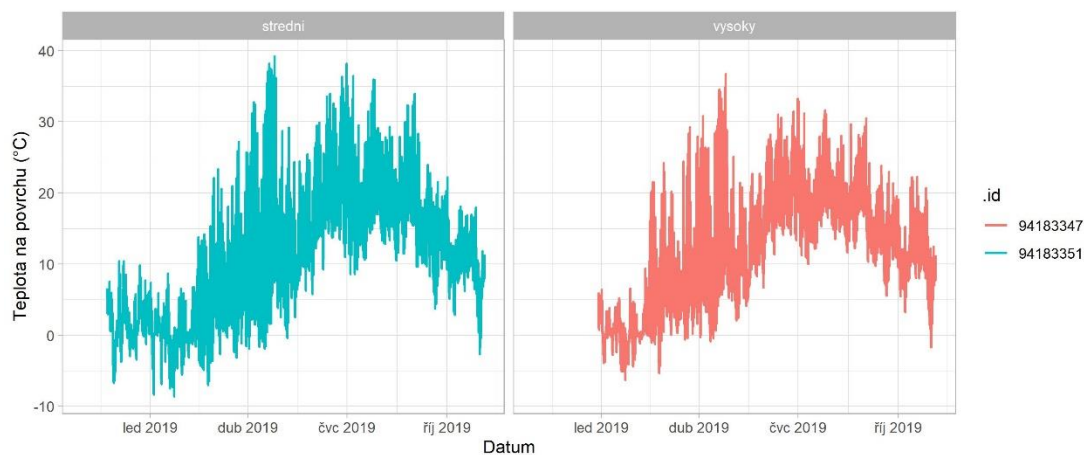
Teplota půdy byla v lese středním spíše vyšší než v lese vysokém, a to hlavně v letních měsících (obr. 53).



Obrázek 53 Teplota půdy v lese středním a vysokém v období od ledna do října 2019.

5.4.5 Teplota na povrchu

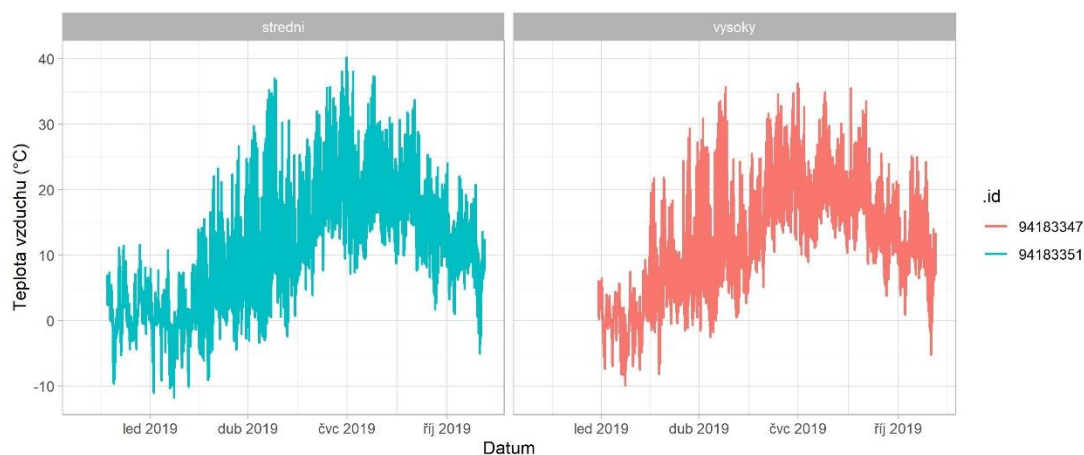
Teplota na povrchu byla v zimních měsících nižší v lese středním oproti lesu vysokému. Přibližně od května poté byla v nízkém lese vyšší než v lese vysokém (obr. 54).



Obrázek 54: Teplota na povrchu půdy v lese středním a vysokém v období od ledna do října 2019.

5.4.6 Teplota vzduchu

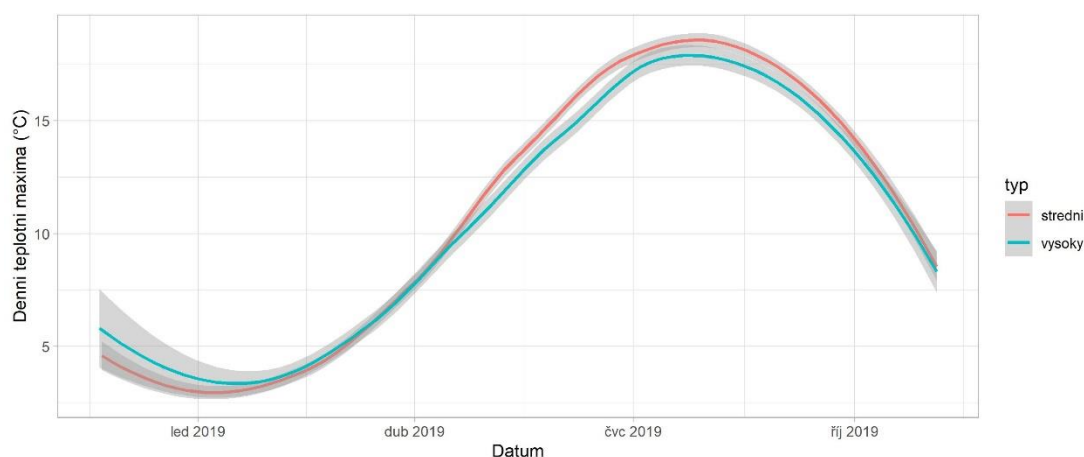
U teploty vzduchu se ukazuje, že u lesa středního byla teplota většinou vyšší než v lese vysokém, s výjimkou prvních měsíců roku 2019 kdy byla spíše nižší (obr. 55)



Obrázek 55: Teplota na povrchu v lese středním a vysokém v období od ledna do října 2019.

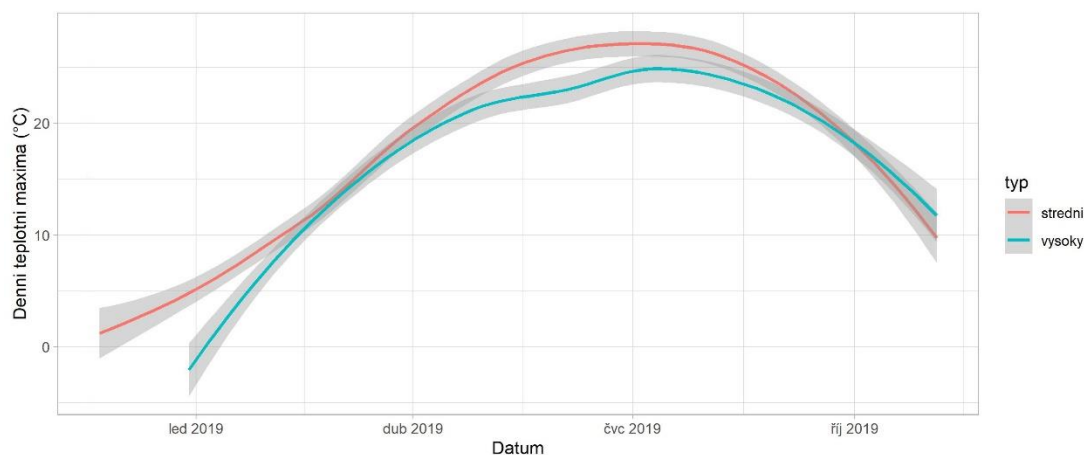
5.4.7 Maximální denní teploty

U maximálních denních teplot půdy se ukázalo, že zpočátku roku se mezi lesem vysokým a středním významně nelišily. Přibližně od konce dubna do července dosahoval vyšších denních teplotních maxim les střední (obr. 56)



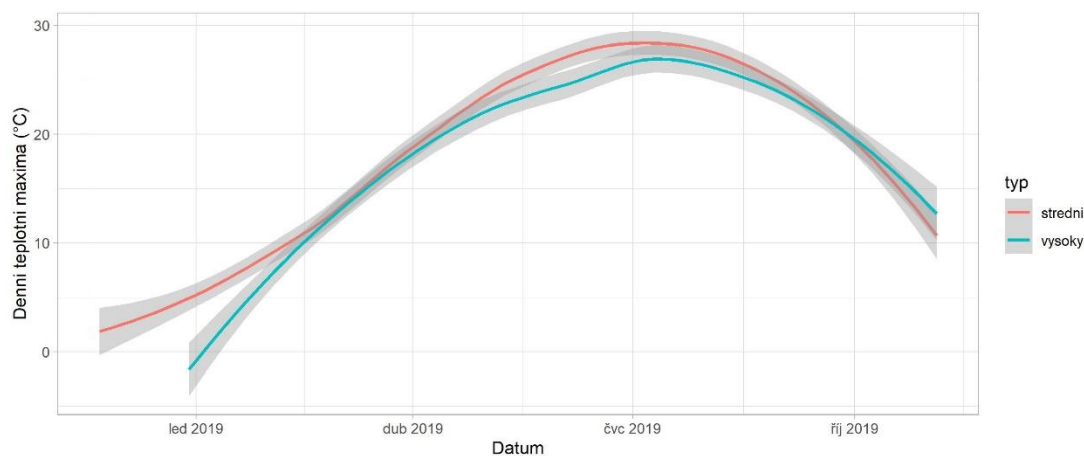
Obrázek 56: Maximální denní teploty půdy v lese středním a vysokém v období od ledna do října 2019. Znárodné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

V lese středním byly většinou vyšší denní maximální teploty na povrchu než v lese vysokém, hlavně v lednu a poté v období od května do července (obr. 57)



Obrázek 57: Maximální denní teploty na povrchu půdy v lese středním a vysokém v období od ledna do října 2019. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nafitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

V případě maximální denní teploty vzduchu byly významné rozdíly naměřeny pouze v lednu, kdy byla denní maxima nižší v lese vysokém a poté v průběhu června, kdy byla denní maxima opět vyšší v lese středním (obr. 58)



Obrázek 58: Maximální denní teploty vzduchu v lese středním a vysokém v období od ledna do října 2019. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nafitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

5.4.8 Porovnání průměrných měsíčních hodnot

Prvních sedm měsíců měl vyšší průměrnou měsíční vlhkost půdy les střední. V srpnu a září byla vlhkost vyšší v lese vysokém. V říjnu a listopadu se vlhkost nelišila (obr. 59) (Tabulka 4).

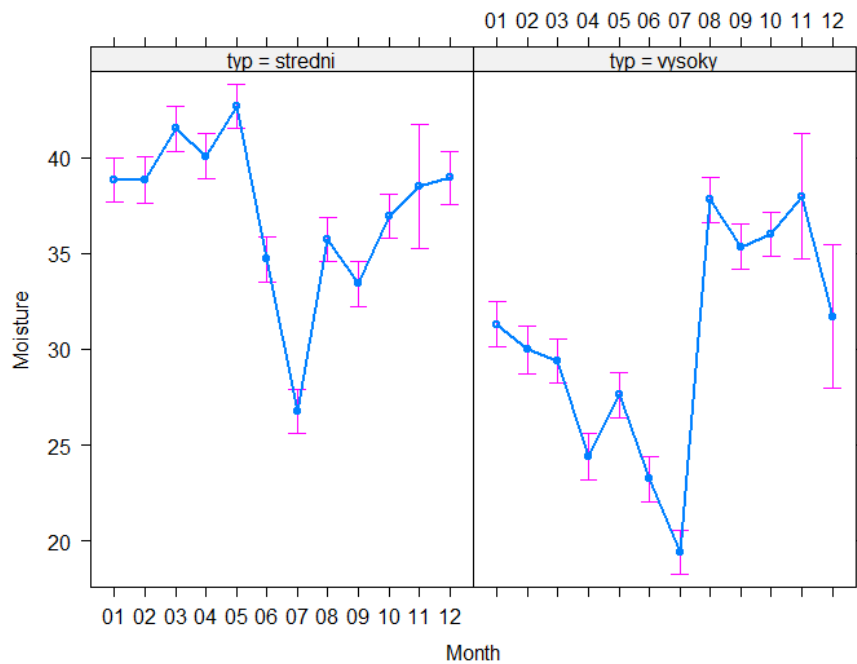
Po převážnou část roku měl vyšší průměrné měsíční maximální teploty půdy les střední oproti lesu vysokému s výjimkou v únoru a listopadu (obr. 60) (Tabulka 4).

Průměrné měsíční maximální teploty na povrchu se zde významně lišily pouze v měsíci dubnu, květnu a červenci, kdy měl vyšší teploty les střední (obr. 61) (Tabulka 4).

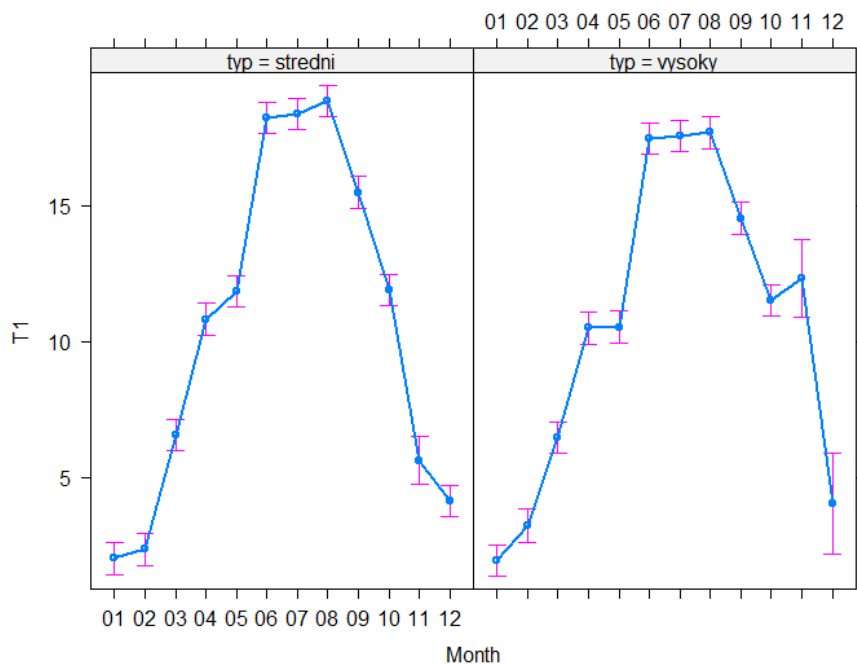
Průměrné měsíční maximální teploty vzduchu se lišily pouze v měsíci květnu a červenci, kdy měl vyšší teploty les střední (obr. 62) (Tabulka 4).

Tabulka 4: Tabulka porovnávající průměrné měsíční vlhkosti a měsíční průměry denních maximálních teplot (půdy, na povrchu a vzduchu) mezi typy lesa. Ve sloupci Rozdíl je pomocí velkých písmen znázorněno, jak se mezi sebou typy lesa lišily na hladině významnosti 0.05. Pokud se typ lišil od druhého, je označen jiným písmenem.

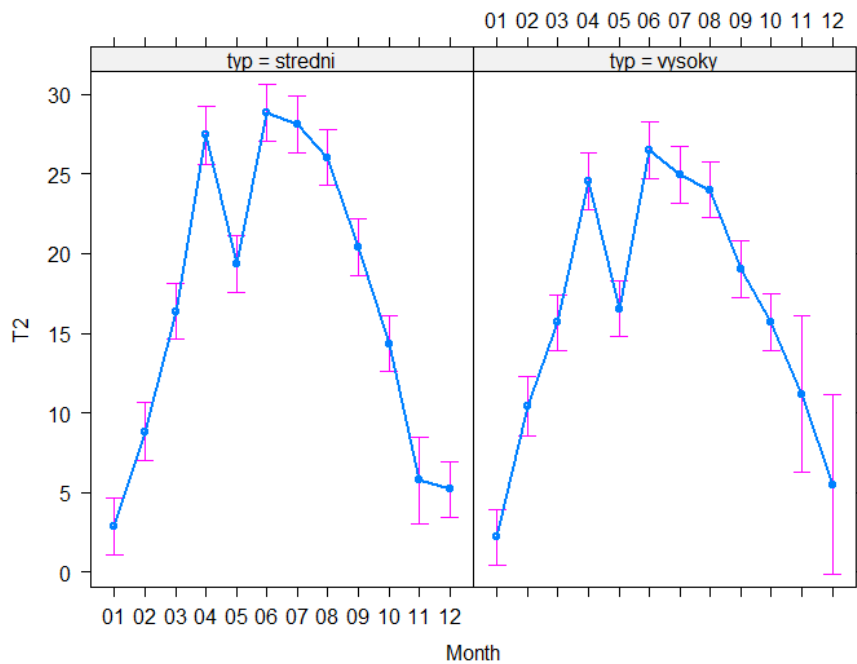
Měsíc	Typ	Vlhkost (%)	Rozdíl	T1 (°C)	Rozdíl	T2 (°C)	Rozdíl	T3 (°C)	Rozdíl
Leden	středni	38,83	A	2,03	A	2,87	A	3,21	A
	vyšoky	31,3	B	1,94	B	2,19	A	2,12	A
Únor	středni	38,82	A	2,36	A	8,83	A	9,38	A
	vyšoky	29,97	B	3,23	B	10,41	A	10,18	A
Březen	středni	41,49	A	6,58	A	16,36	A	15,74	A
	vyšoky	29,39	B	6,46	B	15,67	A	15,06	A
Duben	středni	40,05	A	10,82	A	27,42	A	25,17	A
	vyšoky	24,4	B	10,5	B	24,51	B	24,05	A
Květen	středni	42,65	A	11,86	A	19,34	A	20,37	A
	vyšoky	27,62	B	10,54	B	16,53	B	17,67	B
Červen	středni	34,69	A	18,21	A	28,85	A	30,31	A
	vyšoky	23,24	B	17,45	B	26,5	A	28,93	A
Červenec	středni	26,77	A	18,35	A	28,09	A	29,17	A
	vyšoky	19,42	B	17,57	B	24,95	B	26,51	B
Srpen	středni	35,72	A	18,84	A	26,01	A	26,72	A
	vyšoky	37,79	B	17,68	B	24	A	25,92	A
Září	středni	33,41	A	15,48	A	20,42	A	21,34	A
	vyšoky	35,34	B	14,53	B	19,02	A	19,86	A
Říjen	středni	36,94	A	11,88	A	14,33	A	15,64	A
	vyšoky	36	A	11,52	B	15,68	A	17,05	A
Listopad	středni	38,49	A	5,62	A	5,78	A	5,9	A
	vyšoky	37,98	A	12,32	B	11,18	A	12,02	B
Prosinec	středni	38,93	A	4,12	A	5,19	A	5,41	A
	vyšoky	31,69	B	4,05	A	5,49	A	5,63	A



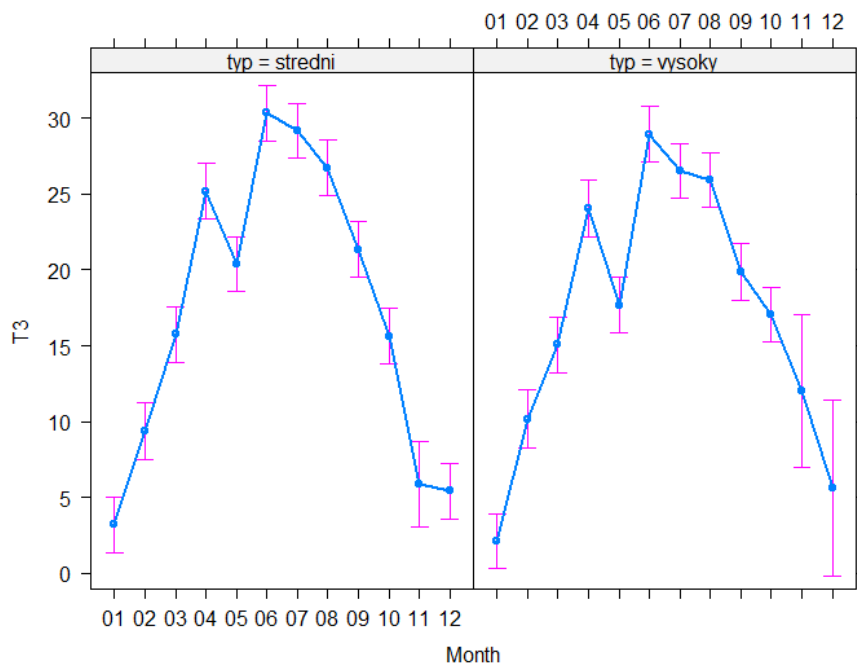
Obrázek 59: Graf znázorňující rozdíly mezi typy lesa v průměrných měsíčních vlhkostech vytvořen na základě obecného lineárního modelu zahrnujícího interakce. Na ose x jsou jednotlivé měsíce v roce, na ose y pak procentuální vlhkost půdy.



Obrázek 60: Graf znázorňující rozdíly mezi typy lesa v průměrných měsíčních maximálních teplotách půdy vytvořen na základě obecného lineárního modelu zahrnujícího interakce. Na ose x jsou jednotlivé měsíce v roce, na ose y pak výše teplot půdy ve stupních Celsia.



Obrázek 61: Graf znázorňující rozdíly mezi typy lesa v průměrných měsíčních maximálních teplotách na povrchu vytvořen na základě obecného lineárního modelu zahrnujícího interakce. Na ose x jsou jednotlivé měsíce v roce, na ose y pak výše teplot na povrchu ve stupních Celsia.

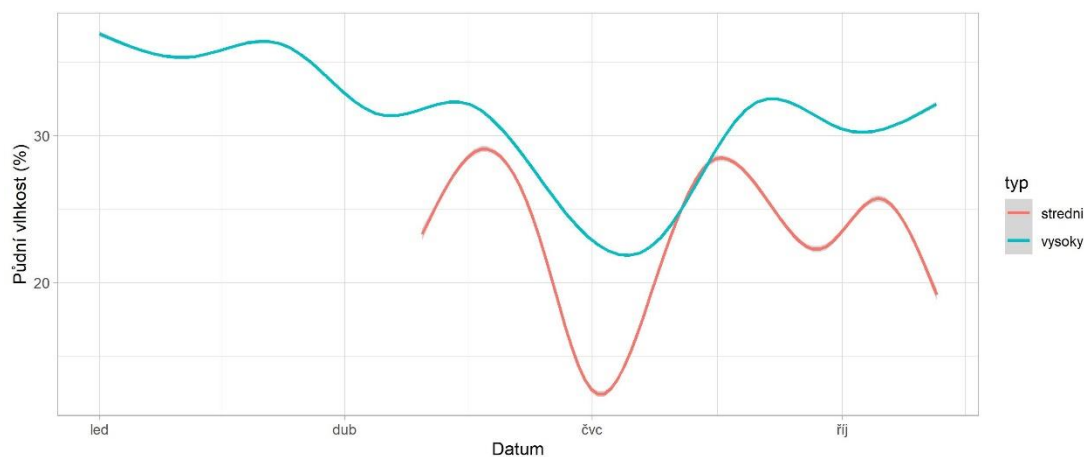


Obrázek 62: Graf znázorňující rozdíly mezi typy lesa v průměrných měsíčních maximálních teplotách vzduchu vytvořen na základě obecného lineárního modelu zahrnujícího interakce. Na ose x jsou jednotlivé měsíce v roce, na ose y pak výše teplot vzduchu ve stupních Celsia.

5.5 Výsledky z plochy Na pláních

5.5.1 Půdní vlhkost v celém období

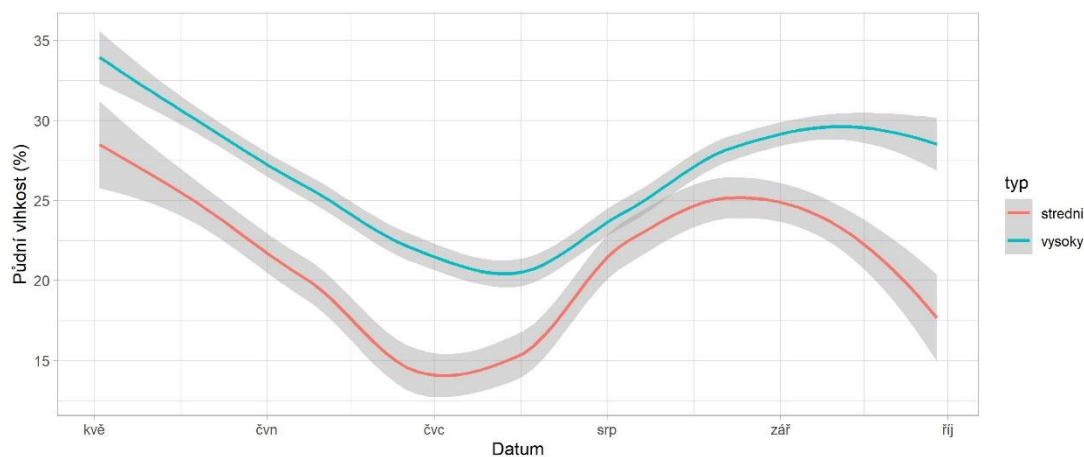
Půdní vlhkost byla v lese středním téměř po celou dobu měření nižší než v lese vysokém, kromě srpna, kdy se půdní vlhkosti vyrovnaly (obr. 63)



Obrázek 63: Půdní vlhkost v lese středním a vysokém v období od ledna do října 2019. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů. Chybějící data způsobená “vykopnutím sondy”.

5.5.2 Půdní vlhkost v letním období

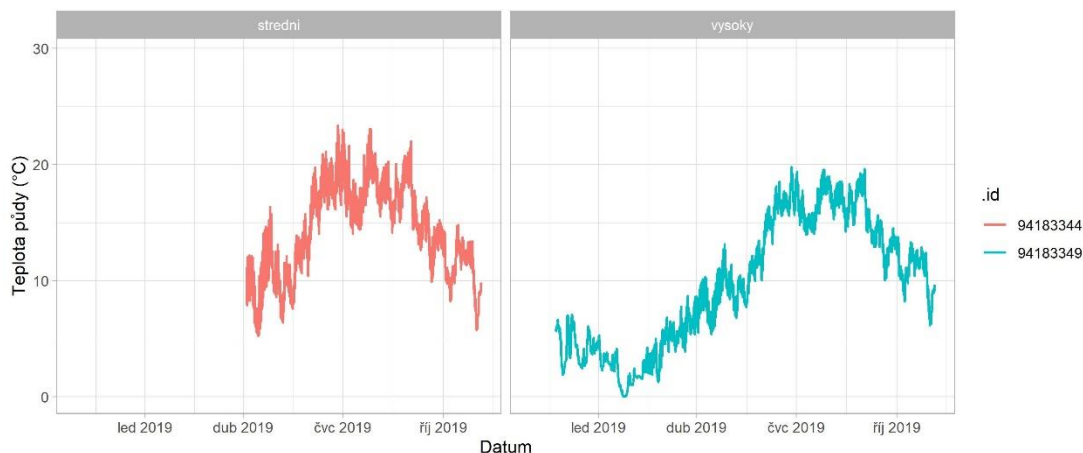
V lese středním byla mimo poloviny měsíce srpna v celém vybraném období půdní vlhkost nižší než v lese vysokém (obr. 64).



Obrázek 64: Minimální denní půdní vlhkost v lese středním a vysokém v období od května do října 2019. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu naitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

5.5.3 Teplota půdy

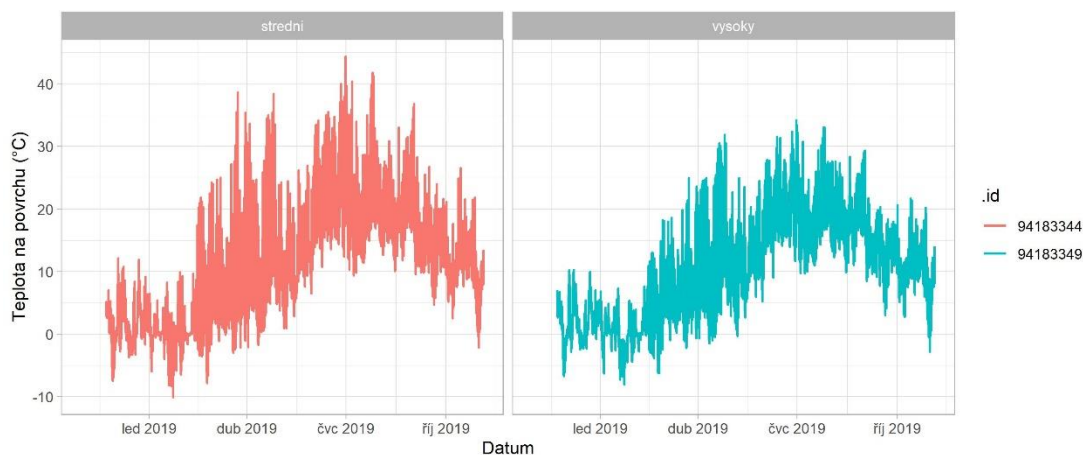
V lese vysokém byla teplota půdy nižší než v lese středním, výrazněji hlavně od dubna přibližně do srpna (obr. 65)



Obrázek 65: Teplota půdy v lese středním a vysokém v období od ledna do října 2019. Chybějící data způsobená "vykopnutím" sondy.

5.5.4 Teplota na povrchu

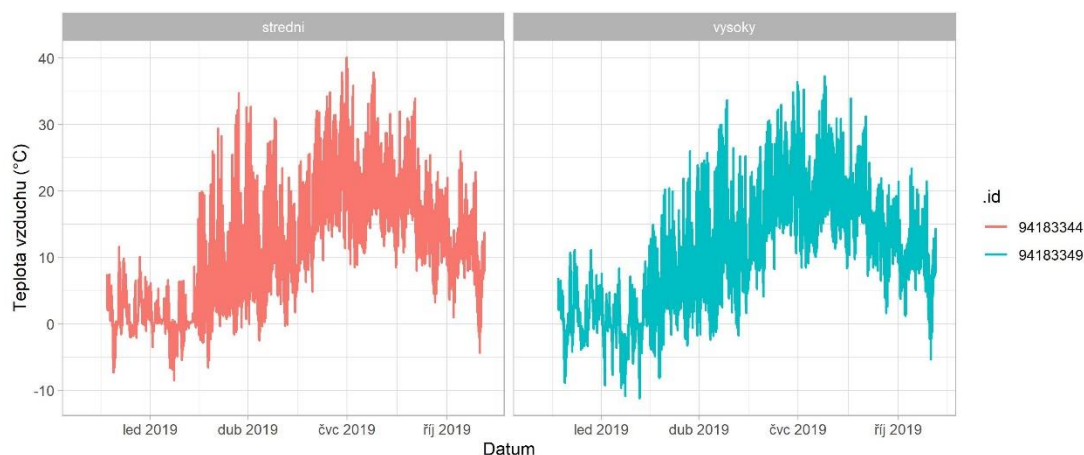
V lese středním byla teplota na povrchu většinu doby měření vyšší než v lese vysokém. V lednu a únoru byly teploty v lese středním nižší (obr. 66)



Obrázek 66: Teplota na povrchu půdy v lese středním a vysokém v období od ledna do října 2019.

5.5.5 Teplota vzduchu

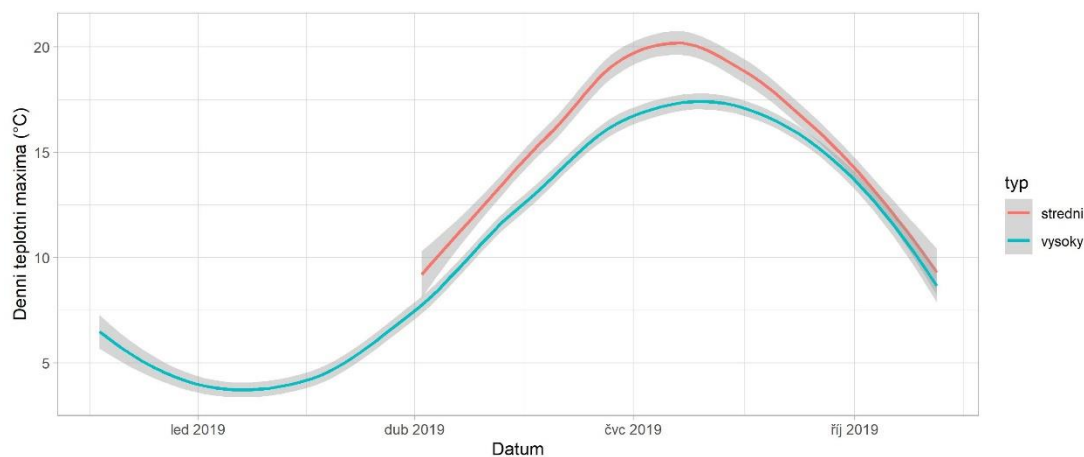
V případě teploty vzduchu se ukázalo, že vyšších teplot téměř během celého roku dosahoval les střední (obr. 67)



Obrázek 67: Teplota vzduchu v lese středním a vysokém v období od ledna do října 2019.

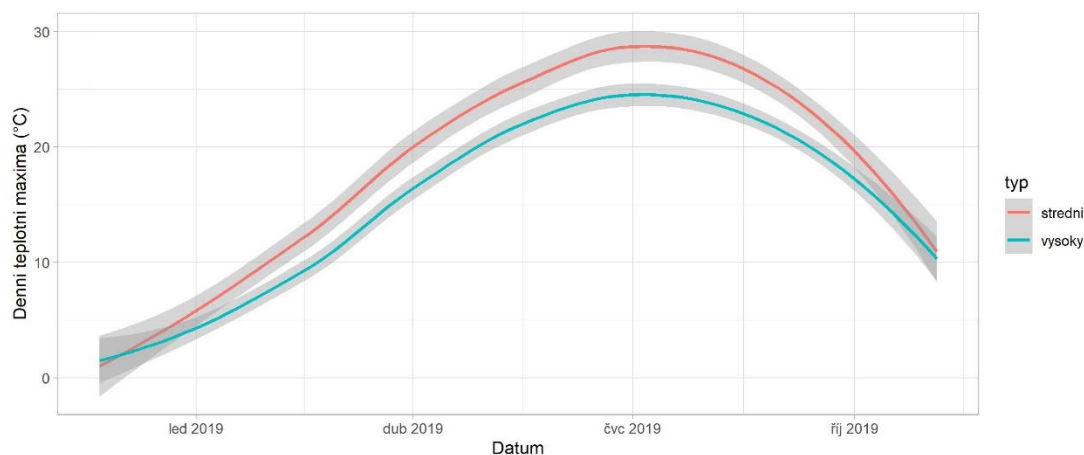
5.5.6 Maximální denní teploty

Vyšších maximálních teplot půdy dosahoval po celou dobu měření až do října les střední oproti lesu vysokému (obr. 68)



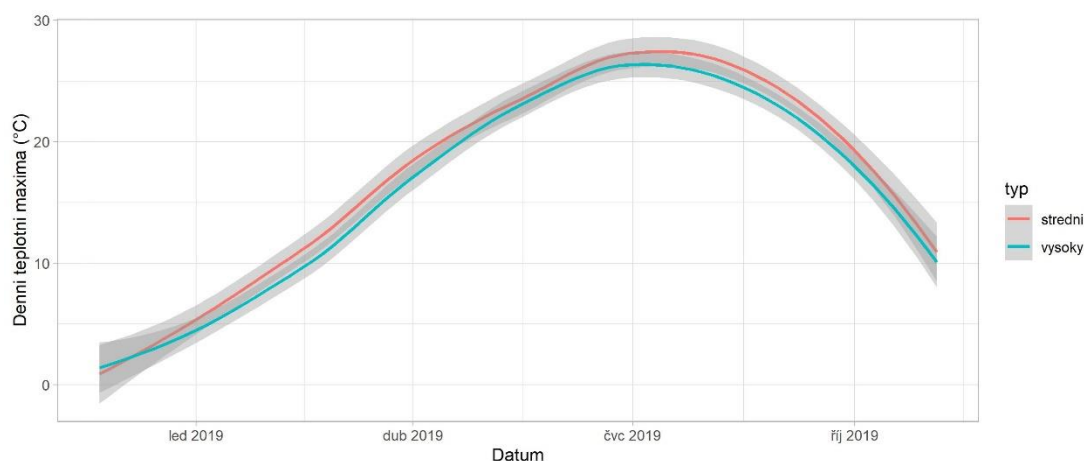
Obrázek 68: Maximální denní teploty půdy v lese středním a vysokém v období od ledna do října 2019. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nařítovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů. Chybějící data způsobená "vykopnutím sondy".

V lese vysokém byly téměř po celou dobu měření menší denní maximální teploty na povrchu než v lese středním (obr. 69)



Obrázek 69: Maximální denní teploty na povrchu půdy v lese středním a vysokém v období od ledna do října 2019. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nafitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

Maximální denní teploty vzduchu v lese středním a vysokém nedosahovaly významných rozdílů (obr. 70)



Obrázek 70: Maximální denní teploty vzduchu v lese středním a vysokém v období od ledna do října 2019. Znázorněné křivky jsou výsledkem GAM modelu nafitovaného do dat. Šedá zóna kolem křivek znázorňuje 95% intervaly spolehlivosti modelů.

5.5.7 Porovnání průměrných měsíčních hodnot

Průměrná měsíční vlhkost půdy byla od dubna do září vyšší v lese vysokém (obr. 71) (Tabulka 5).

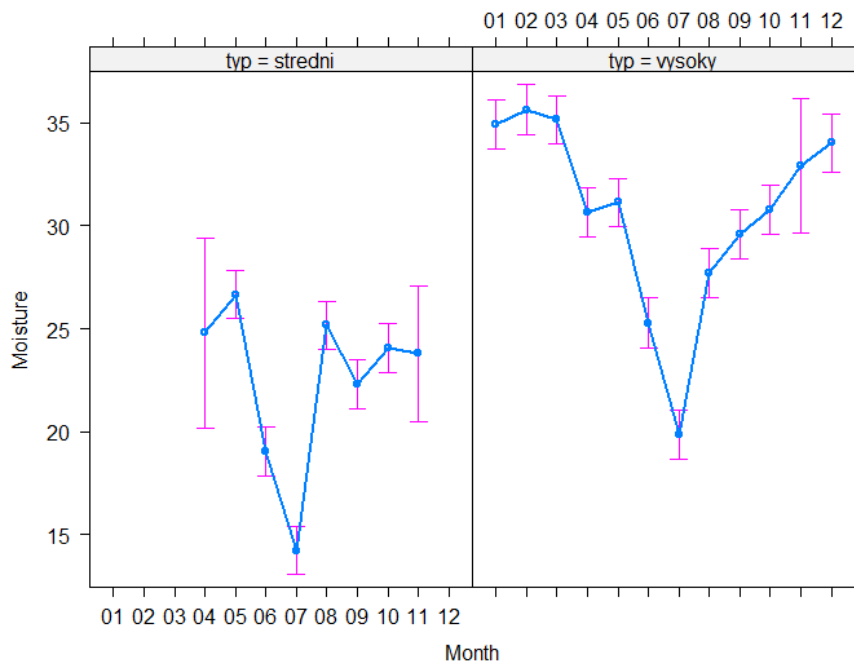
Po převážnou část roku měl vyšší průměrné měsíční maximální teploty půdy les střední oproti lesu vysokému s výjimkou října a listopadu, kdy se teploty nelišily (obr. 72) (Tabulka 5).

Průměrné měsíční maximální teploty na povrchu se lišily od února do dubna a od června do září, kdy byly vyšší v lese středním (obr. 73) (Tabulka 5).

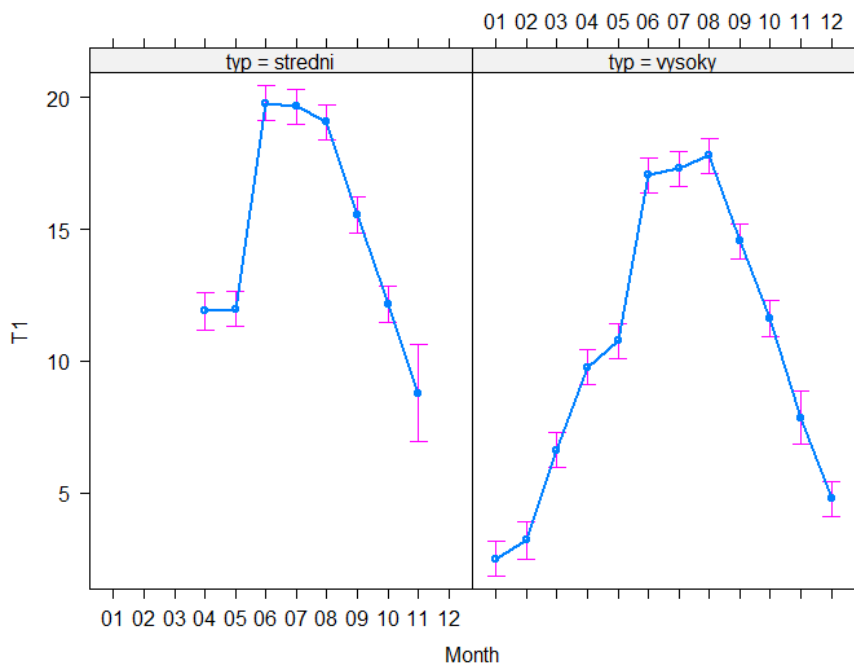
Průměrné měsíční maximální teploty vzduchu se lišily od února do března a od června do září, kdy byly vyšší v lese středním a pouze v dubnu byly vyšší v lese vysokém (obr. 74) (Tabulka 5).

Tabulka 5: Tabulka porovnávající průměrné měsíční vlhkosti a měsíční průměry denních maximálních teplot (půdy, na povrchu a vzduchu) mezi typy lesa. Ve sloupci Rozdíl je pomocí velkých písmen znázorněno, jak se mezi sebou typy lesa lišily na hladině významnosti 0.05. Pokud se typ lišil od druhého, je označen jiným písmenem. NA jsou měření, kdy sonda neměřila přesně.

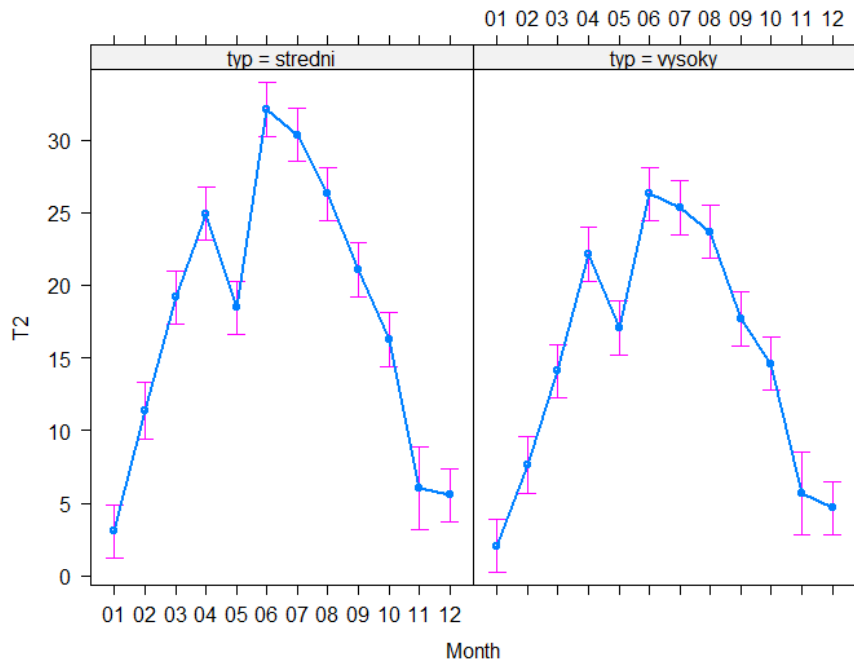
Měsíc	Typ	Vlhkost (%)	0.05	T1 (°C)	0.05	T2 (°C)	0.05	T3 (°C)	0.05
Leden	středni	NA	NA	NA	NA	3,06	A	2,43	A
	vysoky	34,93	NA	2,5	NA	2,04	A	2,16	A
Únor	středni	NA	NA	NA	NA	11,37	A	10,58	A
	vysoky	35,64	NA	3,21	NA	7,64	B	8,52	A
Březen	středni	NA	NA	NA	NA	19,18	A	18,98	A
	vysoky	35,14	NA	6,62	NA	14,08	B	14,95	B
Duben	středni	24,8	A	11,89	A	24,93	A	21,29	A
	vysoky	30,65	B	9,77	B	22,16	B	22,07	A
Květen	středni	26,67	A	11,98	A	18,45	A	17,87	A
	vysoky	31,13	B	10,78	B	17,06	A	18,53	A
Červen	středni	19,06	A	19,78	A	32,11	A	30,2	A
	vysoky	25,29	B	17,05	B	26,27	B	27,91	A
Červenec	středni	14,24	A	19,66	A	30,33	A	28,5	A
	vysoky	19,88	B	17,3	B	25,33	B	27,34	A
Srpen	středni	25,17	A	19,05	A	26,3	A	26,18	A
	vysoky	27,72	B	17,79	B	23,66	B	25,21	A
Září	středni	22,3	A	15,54	A	21,08	A	20,4	A
	vysoky	29,59	B	14,55	B	17,7	B	18,57	A
Říjen	středni	24,06	A	12,16	A	16,25	A	15,99	A
	vysoky	30,77	B	11,62	A	14,58	A	14,94	A
Listopad	středni	23,79	A	8,78	A	6,01	A	5,97	A
	vysoky	32,91	B	7,86	A	5,65	A	5,47	A
Prosinec	středni	NA	NA	NA	NA	5,57	A	4,98	A
	vysoky	34,01	NA	NA	NA	4,66	A	4,81	A



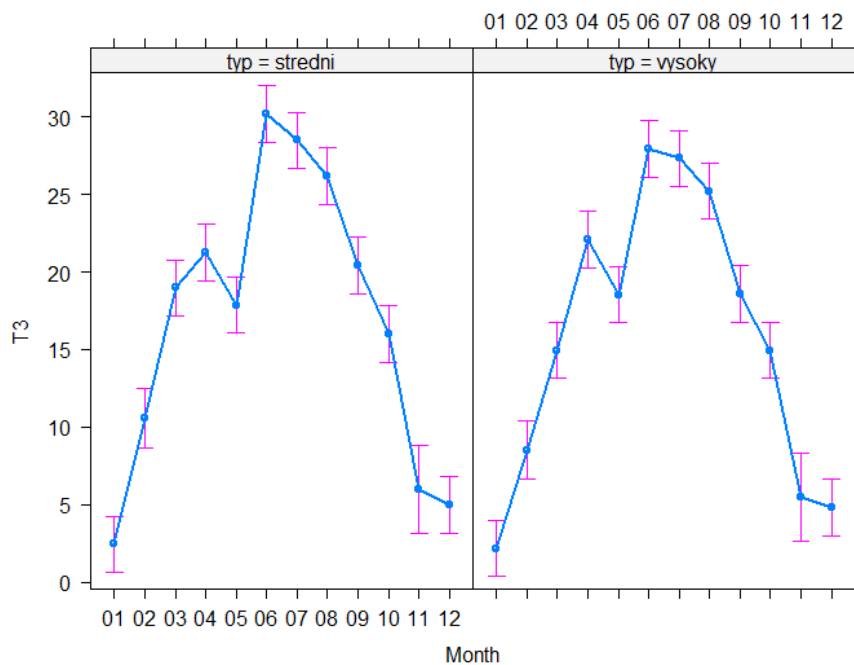
Obrázek 71: Graf znázorňující rozdíly mezi typy lesa v průměrných měsíčních vlhkostech vytvořen na základě obecného lineárního modelu zahrnujícího interakce. Na ose x jsou jednotlivé měsíce v roce, na ose y pak procentuální vlhkost půdy.



Obrázek 72: Graf znázorňující rozdíly mezi typy lesa v průměrných měsíčních maximálních teplotách půdy vytvořen na základě obecného lineárního modelu zahrnujícího interakce. Na ose x jsou jednotlivé měsíce v roce, na ose y pak výše teplot půdy ve stupních Celsia.



Obrázek 73: Graf znázorňující rozdíly mezi typy lesa v průměrných měsíčních maximálních teplotách na povrchu vytvořen na základě obecného lineárního modelu zahrnujícího interakce. Na ose x jsou jednotlivé měsíce v roce, na ose y pak výše teplot na povrchu ve stupních Celsia.



Obrázek 74: Graf znázorňující rozdíly mezi typy lesa v průměrných měsíčních maximálních teplotách vzduchu vytvořen na základě obecného lineárního modelu zahrnujícího interakce. Na ose x jsou jednotlivé měsíce v roce, na ose y pak výše teplot vzduchu ve stupních Celsia.

6 Diskuse

V této práci byla z použita data z mikroklimatických čidel TMS4 několika experimentálních ploch nízkého, středního a vysokého lesa v České republice. Z výsledků analýz těchto dat vyplývá, že převod lesa vysokého má efekt na mikroklimatické podmínky podrostu, avšak tento efekt se mezi lokalitami lišil a bude tedy ovlivněn dalšími lokálními faktory.

Na experimentálních plochách pařezin v Českém krase byly porovnávány mikroklimatické podmínky v lese středním a vysokém. Výsledky ukázaly obecně vyšší teploty půdy v pařezinách s výstavky, s výjimkou zimních měsíců, kdy se teploty půdy mezi kategoriemi lesa nelišily. Vlhkost půdy na jednotlivých lokalitách vykazovala větší rozdíly. Téměř po celou dobu měření byla vlhkost půdy na lokalitě Na Pláních vyšší v lese vysokém. Na ploše Na Voskopě byla vlhkost půdy vyšší v lese vysokém jen do léta, kdy se vlhkosti nelišily, a poté již byla vlhkost půdy vyšší v lese středním. V lokalitě Za Lípou byla vlhkost půdy kromě měsíce srpna a září vyšší v lese středním.

Byl tedy pozorován zajímavý jev, kdy i přes stále vyšší teploty půdy lesa středního, byla její vlhkost vyšší téměř po celou dobu (lokalita Za Lípou) nebo se v nejteplejších měsících nelišila od vlhkosti lesa vysokého (lokalita Na Voskopě). Způsobeno to může být fenoménem, který popisuje Aussenac (1999). Podle něj mají vysoké lesy větší míru evapotranspirace a jakékoliv otevření hustějšího stromového patra vede ke dlouhodobému snížení množství spotřebované vody. Proč tomu tak není vždy zase může naznačit Schmidt-Walter (2014), který tvrdí, že v některých případech může transpirace podrostu a evaporace půdy kompenzovat nižší transpiraci redukovaného stromového patra. Výsledky mezi lokalitami jsou tedy nekonzistentní a k prokázání pravé příčiny jsou třeba podrobnější analýzy zahrnující další specifika a parametry v okolí čidel, jako například pokryvnost stromového patra.

Teploty na povrchu půdy se v lokalitách Na Voskopě a Na Pláních lišily v měsících březnu až září, v tomto období byly naměřeny vyšší hodnoty v lese středním. Naopak v lokalitě Za Lípou se většinou teploty na povrchu půdy nelišily. Teploty vzduchu vykazovaly lehce jiný trend. Na Voskopě byly teploty vyšší u lesa středního během jara a léta, ale u zbylých dvou ploch se od sebe významně nelišily téměř po celý rok. To, že se v těchto případech teploty vzduchu nelišily, je způsobené pravděpodobně tím, že vzduch je mobilní a různě se promíchává se vzduchem okolních otevřených oblastí, a proto rozdíly nejsou tak markantní (Morecroft et al, 1998).

V případě ploch Hády a Soběšice byly porovnávány mikroklimatické podmínky mezi lesem nízkým, středním a vysokým. Vlhkosti půdy na ploše Hády byly nejnižší po celou dobu v lese nízkém. Les střední měl většinou vyšší vlhkosti než les vysoký, pouze v létě druhého roku měření tomu bylo naopak. Teplotní poměry se obecně dají charakterizovat tím, že v lese vysokém byly oproti ostatním typům lesa teploty méně extrémnější. V teplejších měsících byly tedy teploty nižší oproti ostatním typům lesa a v zimních naopak vyšší. V létě byly teploty nejvyšší spíše v lese středním. Zde tedy dochází opět k jevu, kdy v lese středním byla i přes vyšší teploty v části měření vyšší vlhkost půdy.

Na ploše Soběšice byla půdní vlhkost nejnižší po celou dobu v lese středním. Nejvyšší vlhkost v zimních měsících byla naměřena v lese nízkém, naopak od května do listopadu nejvyšší vlhkost v lese vysokém. Tyto výsledky odpovídaly teplotním poměrům, kdy les vysoký měl obecně nižší teploty a les nízký a střední se lišily převážně v letních měsících, ve kterých byly v lese středním teploty vyšší.

Pro rozlišení některých rozdílných výsledků mezi lokalitami by bylo třeba zahrnout do analýz další parametry a specifika daných oblastí. Obecný trend však odpovídá tomu, že změna tvaru lesa mikroklimatické podmínky ovlivňuje. V lese vysokém s hustějším stromovým patrem teploty většinou méně kolísají. Potvrdilo se tedy, že jak uvádí Aussenac (1999), teploty více kolísají v otevřenějších oblastech oproti lesům s uzavřeným stromovým patrem a že při otevření stromového patra se zvyšují teplotní poměry (Hardwick, 2015).

Data jiných autorů o změně mikroklimatu při přeměně lesa vysokého na les střední nebo nízký chybí, výsledky této práce ale korespondují například s výsledky studie, ve které Hardwick (2015) zkoumal vliv LAI na mikroklima v tropických oblastech. Podle něj jsou lesy s hustějším pokrytím stromového patra méně variabilní v teplotách půdy a vzduchu a dosahují nižších teplot než oblasti s řidším nebo žádným stromovým patrem. K podobnému závěru došel i Zellweger (2019), když tvrdí, že organismy v lese vysokém jsou vystaveni menším teplotním extrémům než ty v otevřených oblastech. Některé rozdílné výsledky v této práci mohly být ovlivněny umístěním mikroklimatického čidla, osluněním a jinými specifickými podmínkami dané lokality, které je potřeba dále zkoumat.

7 Závěr a přínos práce

Návrat k tradičnímu pařezinovému hospodaření sebou nese řadu benefitů jak pro vlastníky lesů, tak pro druhovou rozmanitost. Cílem této práce bylo zjistit, jaké jsou dopady přeměny lesa vysokého na pařeziny na mikroklimatické podmínky. Proto bylo vybráno několik experimentálních ploch s aktivním pařezem, spolu s kontrolními plochami lesa vysokého. Umístěny zde byly automatické mikroklimatické sondy TMS4, které pravidelně v intervalech 15 minut zaznamenávaly teploty půdy, vzduchu a půdní vlhkost.

Nejprve byla zpracována literární rešerše, která je úvodem do celé problematiky pařezinového hospodaření a úlohy mikroklimatu v lese obecně. Dále nechyběly základní charakteristiky studovaných území. Data poté byla zpracována v programu R, ve kterém byly provedeny také všechny statistické analýzy.

Ukázalo se, že při převodu lesa vysokého na pařeziny dochází v podrostu ke změně klimatických podmínek. Konkrétně výsledky prokázaly podobný jev, který popisují další studie. Při otevření stromového patra se zvýšily teplotní poměry a teplotní variabilita dané lokality, zatímco les vysoký s uzavřenějším stromovým patrem si zachoval méně variabilní teploty a byl odolnější vůči teplotním extrémům. Mezi studovanými lokalitami však panovaly rozdíly, především v půdních vlhkostech.

Tyto místy nejednotné výsledky ukazují, že vedle struktury lesa mikroklima významně ovlivňují další lokální faktory. To ukazuje na potřebu studia dalších faktorů, které mají na mikroklima vliv. V případě další práce by měly být zahrnuty podrobnější charakteristiky v okolí mikroklimatických čidel, aby byl prokázán například vliv topografie nebo půdní vlastnosti. Tato práce tedy přinesla primární informace, na nichž lze dále pracovat a uplatňovat podrobnější analýzy a specifikovat tak nevysvětlené rozdíly mezi některými výsledky.

8 Přehled literatury a použitých zdrojů

Anonymous, 2012: Plán péče pro Přírodní rezervaci Na Voskopě na období 2012–2026. Depon. Správa Chráněné krajinné oblasti Český kras, Karlštejn: 37 s.

Anonymous, 2017: Plán péče o Národní přírodní rezervaci Karlštejn na období 2017–2025. Depon. Správa Chráněné krajinné oblasti Český kras, Karlštejn: 66 s.

Anonymous, 2018: Plán péče o Národní přírodní rezervaci Koda na období 2018–2026. Depon. Správa Chráněné krajinné oblasti Český kras, Karlštejn: 55 s.

AOPK ČR, 2020: Plán péče o Chráněnou krajinnou oblast Český kras na období 2020–2029. Depon. Správa Chráněné krajinné oblasti Český kras, Karlštejn: 54 s.

Aussenac, G., 2000: Interactions between forest stands and microclimate: Ecophysiological aspects and consequences for silviculture. *Annals of Forest Science*, 57(3), 287–301

Bond, W. J., Midgley, J. J., 2001: Ecology of sprouting in woody plants: the persistence niche. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(1), 45–51.

Buckley, G. P., 1992: *Ecology and Management of Coppice Woodlands*. London: Chapman and Hall.

Buček a. et Lacina J., 1999: *Geobiocenologie II*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 240 s.

Decocq, G., Aubert, M., Dupont, F., Alard, D., Saugez, R., Wattez-Franger, A., Bardat, J., 2004: Plant diversity in a managed temperate deciduous forest: understory response to two silvicultural systems. *Journal of Applied Ecology*, 41(6), 1065–1079

Douda, J., Boublík, K., Doudová, J., Kyncl, M., 2016: Traditional forest management practices stop forest succession and bring back rare plant species. *Journal of Applied Ecology*, 54(3), 761–771

Evans, G. C., Coombe, D. E., 1959: Hemispherical and Woodland Canopy Photography and the Light Climate. *The Journal of Ecology*, 47(1), 103.

Geiger R. 1965. *The Climate Near the Ground*. Cambridge (MA): Harvard University Press.

Hardwick, S. R., Toumi, R., Pfeifer, M., Turner, E. C., Nilus, R., Ewers, R. M., 2015: The relationship between leaf area index and microclimate in tropical forest and oil palm plantation: Forest disturbance drives changes in microclimate. *Agricultural and Forest Meteorology*, 201, 187–195.

Harmer, R., In Burley, J., Evans, J., Youngquist, J.A., 2004: Coppice silviculture practiced in temperate regions. *Encyclopaedia of Forest Sciences*. Academic Press, Elsevier Ltd., Oxford.

Harper, J. L., White, J., 1974: The Demography of Plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5(1), 419–463.

Hédl, R., Šipoš, J., Chudomelová, M., Utinek, D., 2017: Dynamics of herbaceous vegetation during four years of experimental coppice introduction. *Folia Geobotanica*, 52(1), 8

Chen, J. M., Rich, P. M., Gower, S. T., Norman, J. M., Plummer, S., 1997: Leaf area index of boreal forests: Theory, techniques, and measurements. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 102(D24), 29429–29443.

Chen, J., Saunders, S. C., Crow, T. R., Naiman, R. J., Broszofski, K. D., Mroz, G. D., Franklin, J. F., 1996: Microclimate in Forest Ecosystem the effects of different management regimes. *BioScience*, 49(4), 288–297.

Konvička, M., Čížek, L., Beneš, J., 2006: Ohrožený hmyz nížinných lesů: ochrana a management. Olomouc: Sagittaria.

Ložek V., Kubíková J., Špryňar P., 2005: Střední Čechy. Chráněná území České republiky, Svazek XIII. AOPK ČR a EkoCentrum Brno, Praha. 904 pp.

Maděra, P., Machala, M., Slach, T., Friedl, M., Černušáková, L., Volařík, D., Buček, A., 2017: Predicted occurrence of ancient coppice woodlands in the Czech Republic. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 10(5), 788–795.

Matula, R., Řepka, R., Šebesta, J., Pettit, J. L., Chamagne, J., Šrámek, M., Maděra, P., 2020: Resprouting trees drive understory vegetation dynamics following logging in a temperate forest. *Scientific Reports*, 10(1).

Matula, R., Svátek, M., Kůrová, J., Úradníček, L., Kadavý, J., Kneifl, M., 2012: The sprouting ability of the main tree species in Central European coppices: implications for coppice restoration. *European Journal of Forest Research*, 131(5), 1501–1511.

Morecroft, M.D., Taylor, M.E., Oliver, H.R., 1998: Air and soil microclimates of deciduous woodland compared to an open site. *Agricultural and Forest Meteorology*, 90, 141–156.

Müllerová, J., Hédl, R., Szabó, P., 2015: Coppice abandonment and its implications for species diversity in forest vegetation. *Forest Ecology and Management*, 343, 88–100.

Müllerová, J., Szabó, P., Hédl, R., 2014: The rise and fall of traditional forest management in southern Moravia: A history of the past 700 years. *Forest Ecology and Management*, 331, 104–115

Perry DA. 1994. *Forest Ecosystems*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Schmidt-Walter, P., Richter, F., Herbst, M., Schuldt, B., Lamersdorf, N. P., 2014: Transpiration and water use strategies of a young and a full-grown short rotation coppice differing in canopy cover and leaf area. *Agricultural and Forest Meteorology*, 195–196, 165–178.

Slach, T. (ed.), Buček, A., Černušáková, L., Friedl, M., Lacina, J., Machala, M., Řepka, R., Svátek, M., Úradníček, L., Volařík, D., Maděra, P., 2016: *Starobylé výmladkové lesy*. Mendelova univerzita v Brně, 136 s.

Strubelt, I., Diekmann, M., Griese, D., & Zacharias, D., 2019: Inter-annual variation in species composition and richness after coppicing in a restored coppice-with-standards forest. *Forest Ecology and Management*, 432, 132–139.3–99

Szabó, P., Müllerová, J., Suchánková, S., & Kotačka, M., 2015: Intensive woodland management in the Middle Ages: spatial modelling based on archival data. *Journal of Historical Geography*, 48, 1–10.

Unrau, A., Becker, G., Spinelli, R., 2018: *Coppice Forests in Europe*. Freiburg: Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Van Calster, H., Baeten, L., Verheyen, K., De Keersmaeker, L., Dekeyser, S., Rogister, J. E., Hermy, M., 2008: Diverging effects of overstorey conversion scenarios on the understorey vegetation in a former coppice-with-standards forest. *Forest Ecology and Management*, 256(4), 519–528.

Van Calster, H., Endels, P., Antonio, K., Verheyen, K., Hermy, M., 2008: Coppice management effects on experimentally established populations of three herbaceous layer woodland species. *Biological Conservation*, 141(10), 2641–2652.

Vild, O., Roleček, J., Hédli, R., Kopecký, M., Utinek, D., 2013: Experimental restoration of coppice-with-standards: Response of understorey vegetation from the conservation perspective. *Forest Ecology and Management*, 310, 234–241.

Von Arx, G., Graf Pannatier, E., Thimonier, A., Rebetez, M., 2013: Microclimate in forests with varying leaf area index and soil moisture: potential implications for seedling establishment in a changing climate. *Journal of Ecology*, 101(5), 1201–1213.

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.

Zellweger, F., Coomes, D., Lenoir, J., Depauw, L., Maes, S. L., Wulf, M., Kirby, K. J., Brunet, J., Kopecký, M., Máliš, F., Schmidt, W., Heinrichs, S., den Ouden, J., Jaroszewicz, B., Buyse, G., Spicher, F., Verheyen, K., De Frenne, P., 2019: Seasonal drivers of understorey temperature buffering in temperate deciduous forests across Europe. *Global Ecology and Biogeography*, 28(12), 1774–1786

Internetové zdroje

Kadavý, J., Kneifl, M., Knott, R., 2009: Založení experimentální plochy nízkého a středního lesa projektu TARMAG na území ŠLP Masarykův les Křtiny [online] [citováno 3.3.2020] Dostupné z:

<<http://www.nizkyles.mendelu.cz/content/view/82/91/lang,czech1250/>>

Kadavý, J., Kneifl, M., Knott, R., 2010: Založení experimentální plochy nízkého a středního lesa projektu TARMAG na území ŠLP Masarykův les Křtiny (TARMAG II-Soběšice) [online] [citováno 3. 3. 2020.] Dostupné z:

<<http://www.nizkyles.mendelu.cz/content/view/94/91/lang,czech1250/>>

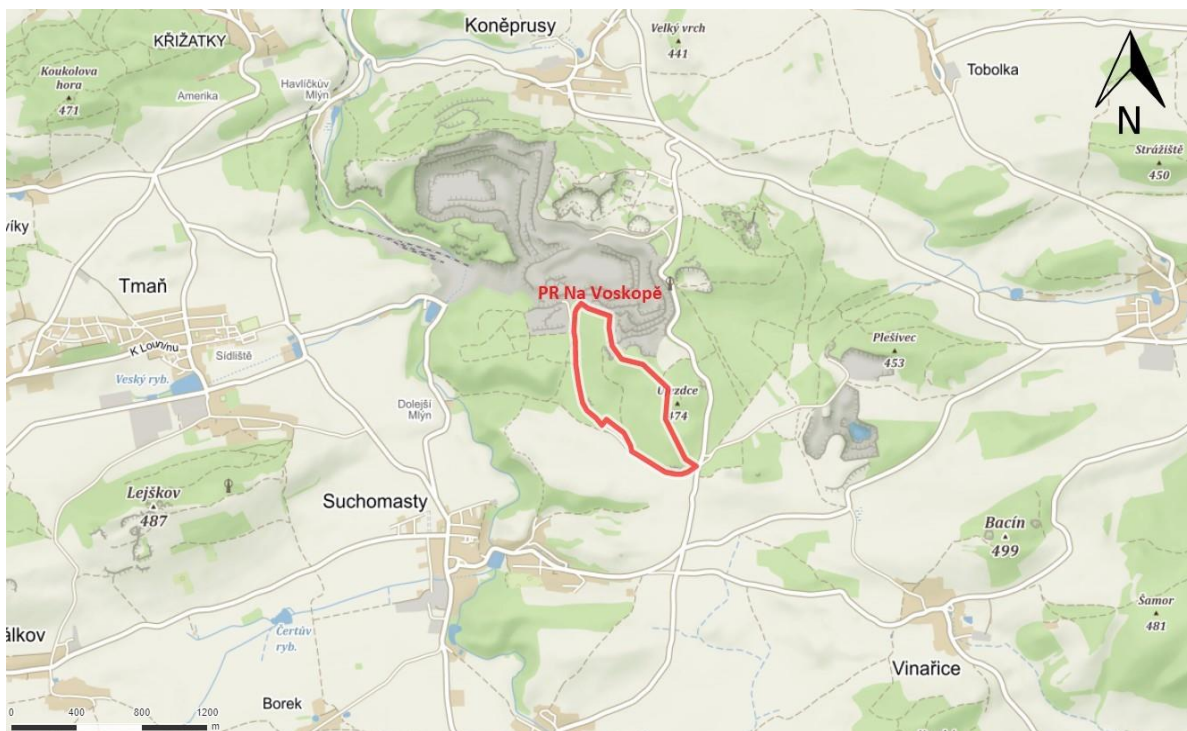
Diplomové práce

Hroník P., 2014: Lesní vegetace vrchu Voskop v Českém krasu. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Praha. 106 s. (Diplomová práce). „Nepublikováno“

Mejstřík M., 2018: Lesní vegetace lokality Za Lípou v chráněné krajinné oblasti Český kras. Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, Praha. 68 s. (Diplomová práce). „Nepublikováno“

9 Přílohy

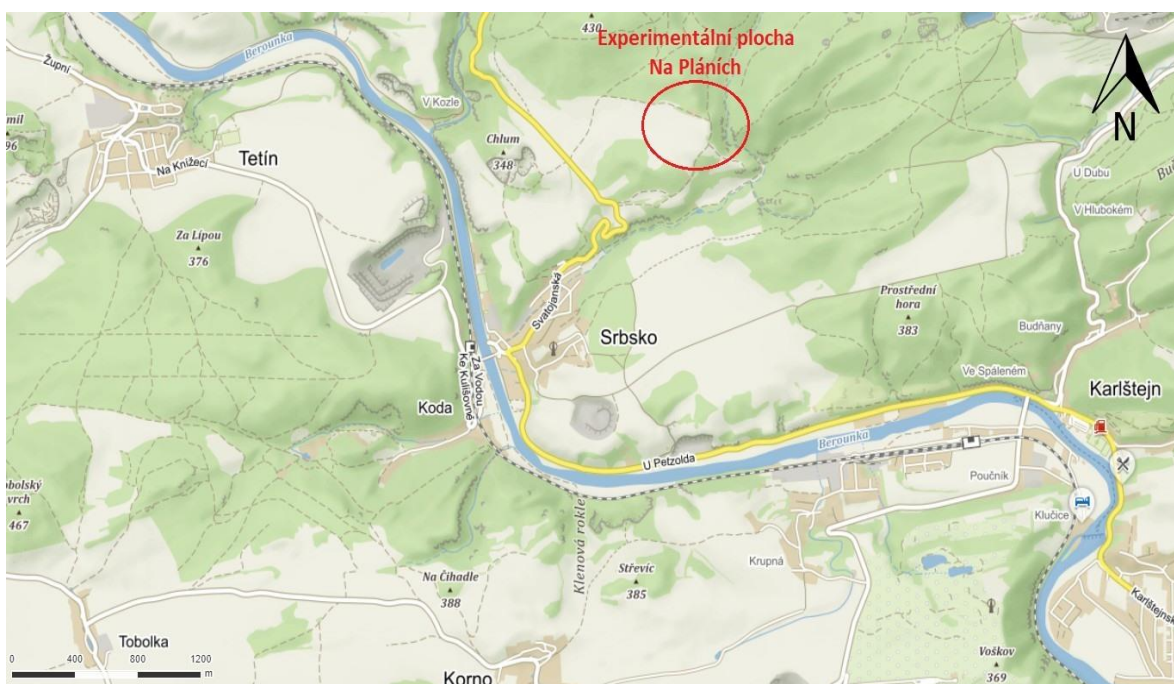
Příloha 1: Umístění PR Na Voskopě (Zdroj: Mapy.cz, upraveno autorem)



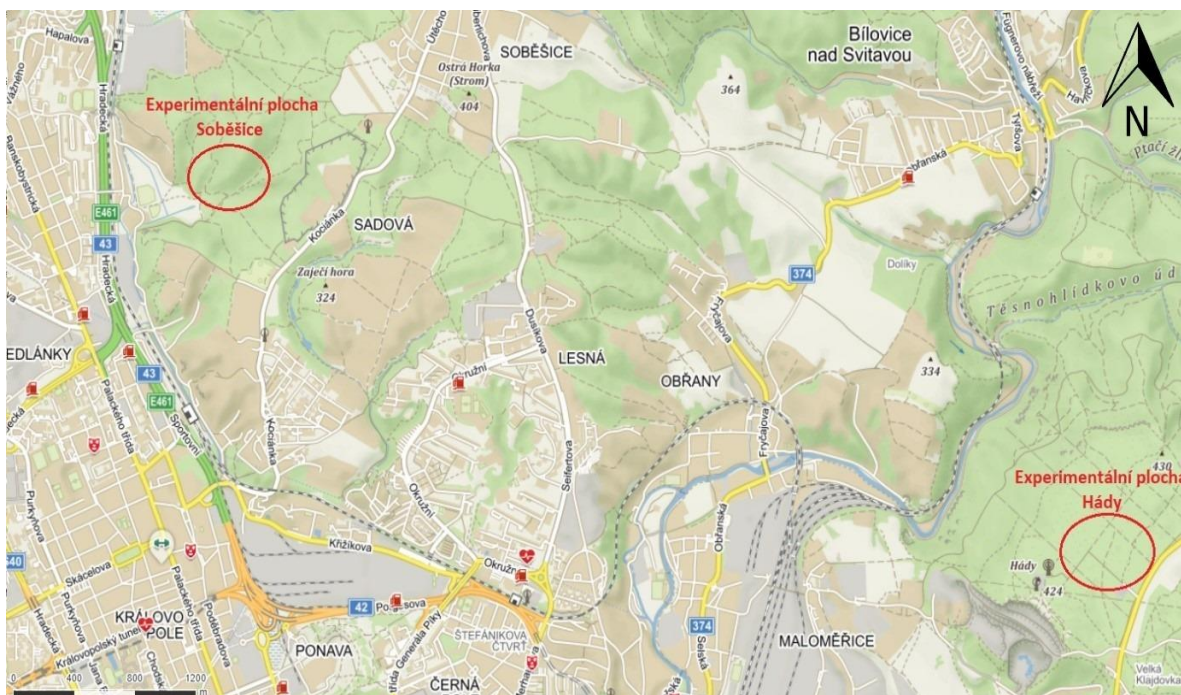
Příloha 2: Umístění NPR Koda (Zdroj: Mapy.cz, upraveno autorem)



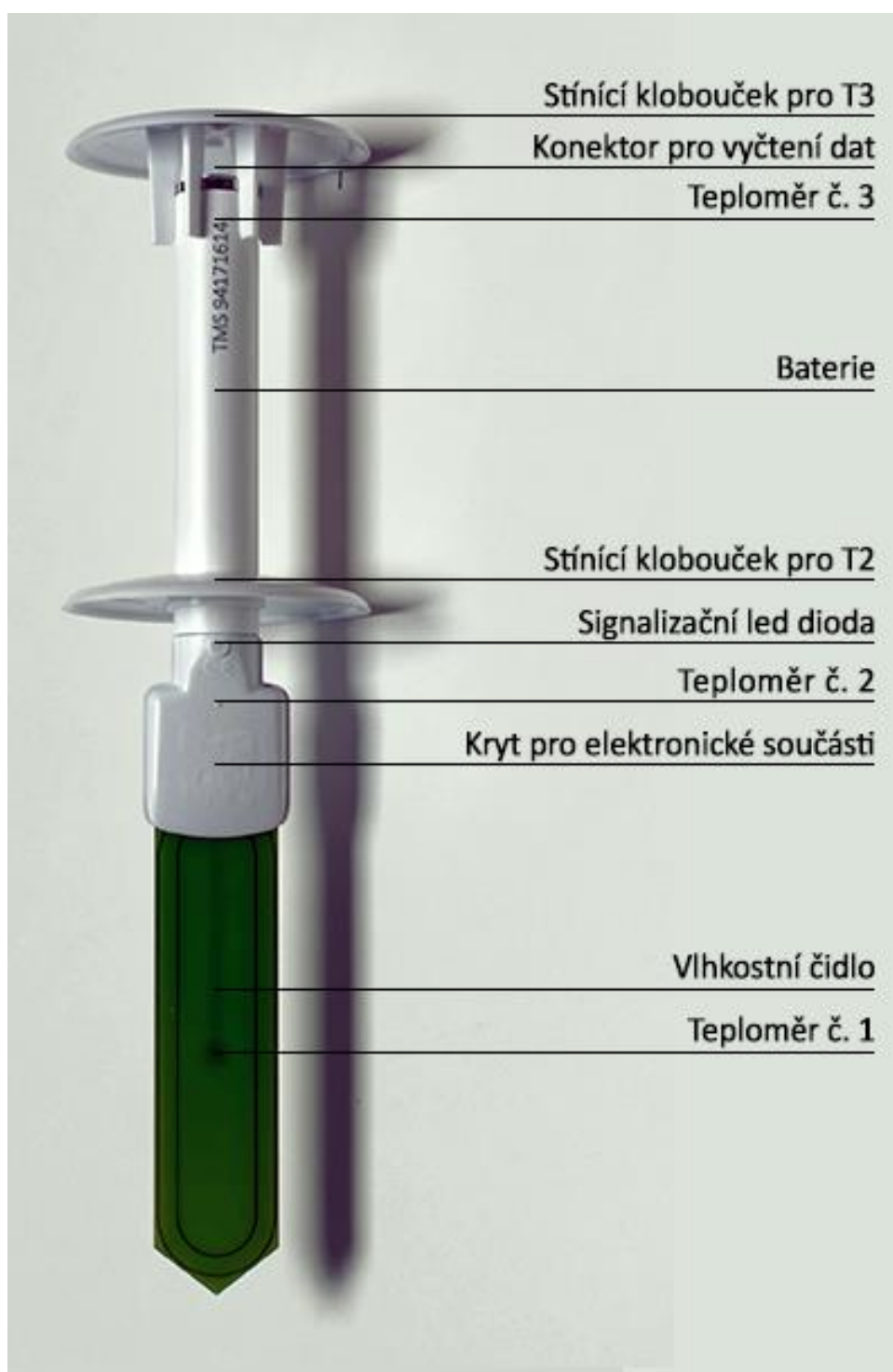
Příloha 3: Umístění experimentální plochy Na Pláních (Zdroj: Mapy.cz, upraveno autorem)



Příloha 4: Umístění experimentální plochy Soběšice a Hády (Zdroj: Mapy.cz, upraveno autorem)



Příloha 5: Popis mikroklimatické sondy TMS4 (zdroj: tomst.com)



Příloha 6: Ukázka umístění mikroklimatické sondy TMS4 v terénu (Autor: Radim Matula)

