

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

**PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA BOTANIKY**

**SEZÓNŇÍ DYNAMIKA BYLINNÉHO PODROSTU
TEMPERÁTNÍHO LESA NA TOPOGRAFICKÉM
GRADIENTU**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Martin Liška

Studijní program: N1501 Biologie

Studijní obor: Botanika

Forma studia: Prezenční

Vedoucí práce: Mgr. MgA. Radim Hédl, Ph.D.

Olomouc 2019

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně
s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

Olomouc, 10. května 2019

.....

podpis

Poděkování:

Rád bych poděkoval Mgr. MgA. Radimu Hédlovi, Ph.D. za odborné vedení, laskavý přístup a cenné rady. Mé díky patří i Mgr. Markétě Chudomelové za pomoc při terénních pracích a za rady při vyhodnocování dat. Také bych chtěl poděkovat Dušanu Lekešovi za pomoc při terénních pracích a pomoc při vyhodnocování půdních vzorků. Děkuji také mým nejbližším, kteří mě po celou dobu psaní podporovali.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení: Bc. Martin Liška

Název práce: Sezónní dynamika bylinného podrostu temperátního lesa
na topografickém gradientu.

Typ práce: Diplomová

Pracoviště: Katedra botaniky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v
Olomouci

Vedoucí práce: Mgr. MgA. Radim Hédl, Ph.D.

Rok obhajoby: 2019

Abstrakt

Sezónní proměnlivost bylinného patra opadavého lesa je způsobena kolísáním dostupných faktorů během roku. Cílem této diplomové práce je tyto změny popsat a zjistit, jaký vliv na tyto změny má topografie. Lokalita výzkumu leží na jihovýchodě České republiky v CHKO Pálava. Ke sběru dat byly využity vegetační snímky, které tvořily transekt. Snímkovány byly jednou za tři týdny v sezóně roku 2018. Dále byly změřeny sklon svahu a expozice. Jako další environmentální proměnná byla využita hodnota zápoje stromového nadrostu, obsah živin v půdě (P a K) a hodnota pH. K vyhodnocení změn diverzity byla využita ANOVA pro opakovaná měření. Změny druhového složení byly vyhodnoceny pomocí mnohorozměrných metod (DCA, CCA). Výsledky ukázaly průkazné ($p < 0,05$) změny bylinného patra během vegetační sezóny s vrcholem druhové bohatosti na jaře 19. 4. Změny diverzity v sezóně nebyly ovlivněny topografií, naopak změny druhového složení topografií ovlivněny byly ($p < 0,05$).

Klíčová slova: Sezónní dynamika, opadavý les, topografie, transekt

Počet stran: 73

Počet příloh: 6

Jazyk: Český

Bibliographic identification

Author's first name and surname: Bc. Martin Liška

Title of thesis: Seasonal dynamics of the herbaceous understory of a temperate forest
along a topographic gradient

Type of thesis: Master

Department: Department of Botany, Faculty of science, Palacký University in Olomouc

Supervisor: Mgr. MgA. Radim Hédl, Ph.D.

The year of presentation: 2019

Abstract

The seasonal dynamics of the deciduous forest herb layer is caused by fluctuation in available factors throughout the year. The aim of this thesis is to describe these changes and determine the degree of influence topography has on these changes. The research site is located on the southeast of the Czech Republic in the Pálava Protected Landscape Area. The vegetation samples that made up the transect were used to collect the data. It was performed every three weeks in the 2018 season. Also, slope and exposure were measured. Another environmental variables used in this project was the value of tree canopy, nutrient content in the soil (P and K) and pH. To the diversity changes evaluate was used the ANOVA method for repeated measurements. Species composition changes were evaluated using multivariate methods (DCA, CCA). The results proved significant ($p < 0,05$) changes in herb layer during the growing season with species richness peak in the spring (19. 4.). Changes in seasonal diversity were not affected by topography, while changes in species composition were ($p < 0,05$).

Keywords: Seasonal dynamics, deciduous forest, topography, transect

Number of Pages: 73

Number of Appendices: 6

Language: Czech

Obsah

1. Úvod	6
1.1. Cíle práce.....	8
2. Teoretická část	9
2.1. Bylinné patro opadavého lesa.....	9
2.2. Časová proměnlivost rostlinných společenstev.....	11
2.3. Vliv topografie na vegetaci.....	13
3. Materiál a metody	15
3.1. Popis lokality.....	15
3.1.1. Geografické vymezení.....	15
3.1.2. Vegetační charakteristika.....	15
3.1.3. Geologie a geomorfologie.....	16
3.2. Sběr terénních dat.....	16
3.3. Zpracování dat.....	19
3.3.1. Stanovení topografického gradientu.....	19
3.3.2. Transformace vegetačních dat.....	20
3.3.3. Analýza dat.....	20
3.3.4. Vyhodnocení změn druhové bohatosti a pokryvnosti.....	20
3.3.5. Vyhodnocení změn druhového složení.....	21
4. Výsledky	22
4.1. Změny druhové bohatosti.....	22
4.1.1. Změny druhové bohatosti životních forem.....	25
4.1.1.1. Bylinná a dřevinná složka.....	25
4.1.1.2. Jarní a ostatní druhy.....	26
4.1.1.3. Graminoidy a širokolisté byliny.....	28
4.2. Změny pokryvnosti.....	29
4.3. Změny druhového složení.....	31
5. Diskuze	38
5.1. Sezónní změny bylinného patra.....	38
5.2. Vliv topografie na sezónní proměnlivost.....	39
5.3. Použité metody.....	40
6. Závěr	42

7. Literatura	43
Seznam tabulek, obrázků a zkratk	50
Přílohy	53

1. Úvod

Změny vegetace v čase jsou způsobeny mnoha rozličnými faktory, které se vzájemně doplňují, kombinují a ovlivňují. Takových příkladů lze v přírodě nalézt celou řadu. Například kvalita opadu stromů se spolupodílí na úrodnosti půdy, která následně ovlivňuje druhovou skladbu rostlin na stanovišti.

Dynamiku vegetace lze studovat v různém měřítku, přičemž na každé z nich lze využít jiné metody. Lesní vegetace ve střední Evropě byla v minulosti silně ovlivněna střídáním dob ledových a meziledových, přičemž v dobách ledových se na našem území vyskytovala jen velmi omezeně. I po začátku holocénu nebyl vývoj lesů kontinuální a byl narušován mnoha činiteli. Ať už se jednalo o klimatické podmínky nebo lidské zásahy, lesy na našem území prodělávaly velké změny. Pokud nás tyto změny zajímají, využijeme metody, které se používají v oboru paleoekologie, jako například pylové záznamy nebo makrozbytkovou analýzu (Pokorný 2011). Pro výzkum změn vegetace, které nesahají tak daleko do historie, se obvykle používá vegetační snímek. Tato metoda je omezena jen na období, ve kterém již bylo vegetační snímkování známo, přičemž ve střední Evropě se vznik fytoecologických snímků datuje do konce 19. století (Moravec 1994). Touto metodou je možné přesně zachytit změny v druhové bohatosti a druhovém složení vegetace. Pokud chceme sledovat sukcesní změny, je vhodné porovnávat plochy po více než 20 letech. Jestliže nás zajímají změny plynoucí ze střídání ročních období, použijeme snímky nasbírané pouze v jedné sezóně. Na oba přístupy jsou vhodné jiné druhy rostlin. Některé druhy mají krátké životní cykly (jednoleté druhy), ty se hodí zejména na sledování sezónních změn, jiné velmi dlouhé (stromy) a ty je vhodné použít pro sledování změn dlouhodobých. Pro komplexní pochopení dynamiky vegetace je vhodné oba přístupy kombinovat (Murphy a McCarthy 2014). Tato diplomová práce se zabývá změnami sezónními. Pro studium byly tedy vybrány pouze druhy bylinného patra. Jako lokalita výzkumu byl zvolen zalesněný vrch Děvín v CHKO Pálava, který se z důvodu velmi rozmanité flóry a vegetace jeví jako velmi vhodný pro studium sezónních změn.

Vliv topografie na uspořádání vegetace v prostoru je poměrně často studován (Sabatini a kol. 2014; Cantón a kol. 2004; aj.). Výčet prací zkoumající vliv topografie na změny vegetace v sezóně ale není příliš bohatý. Ještě užší výběr studií dostaneme, chceme-li sledovat vliv topografie na změny bylinného patra opadavého lesa, nicméně nějaké práce se objevují (Murphy a McCarthy 2014; Small a McCarthy 2002).

Vrch Děvín je tvořen mohutnými vápencovými bradly, které utváří velmi pestrý reliéf. Lze zde najít místa, která jsou svažité jen mírně, naopak lze nalézt i taková, kde se svažitost blíží 30°. Navíc toto malé pohoří zaujímá přibližně severojižní gradient. To je kombinace, která přímo vybízí tento reliéf studovat. Vzhledem k výše zmíněnému, nevelkému počtu výzkumů na téma vlivu topografie na sezónní změny vegetace bylinného patra opadavého lesa, je jistě vhodné tuto problematiku do diplomové práce zahrnout.

1.1. Cíle práce

Cílem diplomové práce je popsat změny vegetace bylinného patra během vegetační sezóny v opadavém lese na výrazně tvarovaném reliéfu.

Otázky:

1. Jak se mění diverzita a druhové složení rostlinného společenstva v průběhu vegetační sezóny?
2. Jak ovlivňuje sezónní změny rostlinného společenstva topografický gradient?
3. Jak se liší zastoupení různých životních forem cévnatých rostlin během vegetační sezóny?

2. Teoretická část

2.1. Bylinné patro opadavých lesů

Bylinné patro temperátních lesů je možné definovat několika způsoby. Nejčastěji využívané měřítko pro jeho stanovení je maximální výška rostlin, která je obvykle stanovena na jeden metr a zahrnuje v sobě byliny i mladé dřeviny a semenáčky dřevin. Existují i jiné možnosti. Například stanovení bylinného patra podle životních forem, kdy dochází k dělení na dřeviny a byliny (Gilliam 2007).

Bylinné patro představuje důležitou součást temperátních lesů. I přesto, že zahrnuje jen malou část lesní biomasy, sdružuje v sobě většinu všech druhů rostlin v lese. Jeho význam podporuje i fakt, že až jedna pětina opadu v lese pochází z bylin, přičemž jejich opad má obecně více živin než opad stromů. Byliny mohou mít vliv i na obnovu lesa po nějaké disturbanci, například požáru (Gilliam 2007). Jednotlivé druhy musí být přizpůsobené kolísání množství dostupných zdrojů (především světlo, živiny a voda) během roku. Toto kolísání umožnilo rozvoj různých fenologických strategií mezi lesními bylinami, od jarních efemerů a efemeroidů po stálezelené druhy (Neufeld a Young 2003). Vlivem tohoto kolísání dochází ke střídání jednotlivých fenologických strategií během vegetační sezóny a lze v lesním podrostu pozorovat jarní a letní aspekt (Schemske a kol. 1978; Augspurger a kol. 2017). Zejména pak jarní druhy mají velký význam pro udržování živin na stanovišti, které v časném jaře, kdy většina druhů ještě nezačala růst, inkorporují do svých těl a zabraňují jejich případnému odplavení (Gilliam 2007).

Diverzita a druhové složení bylinného patra je ovlivňována mnoha biotickými a abiotickými faktory. Velmi důležitý faktor podílející se na druhovém složení bylinného patra je pak druhové složení patra stromového. To ovlivňuje podrost dostupností světla a opadem, který ovlivňuje půdní vlastnosti, zejména obsah živin v půdě a půdní pH. Nepřímo tak ovlivňuje druhovou bohatost a kompozici podrostu, přičemž významnější faktor než dostupnost světla se jeví půdní vlastnosti (Mölder a kol. 2008). Existuje pozitivní vztah mezi druhovou diverzitou stromového a bylinného patra. Pozitivní vliv na diverzitu má i rostoucí hodnota pH. Zároveň druhové bohatství bylin klesá s rostoucím zapojením nadrostu (Vockenhuber a kol. 2011). Větší druhovou bohatost podporuje i příměs jehličnatých stromů. Této problematice se věnuje práce Yua a Suna (2013), kde autoři sledovali plochy ve 3 typech lesa (jehličnatý, širokolistý a smíšený) a dospěli k závěru, že ve smíšeném lese je nejvíce druhů bylin. Stejný výsledek přinesla studie Harta a Chena (2006) v boreálním lese. Významu druhového

složení nadrostu se věnuje práce Beatty (1984). Autorka zde sledovala druhové složení podrostu v závislosti na druhovém složení stromového patra. Stanoviště s jedlovcem kanadským měla jiné druhové složení než stanoviště bez jedlovce. Vliv nadrostu se ale může lišit v závislosti na stáří lesa, v lese pozdějších sukcesních fází jsou byliny nadrostem ovlivněny více (Gilliam a Turrill 1993), přičemž jedním z faktorů, na kterém se věk porostu podílí je podle Small a McCarthyho (2002) druhová bohatost lesních bylin. Stáří lesa také ovlivňuje zastoupení bylinné a dřevinné složky bylinného patra. Zatímco u mladších porostů převažuje bylinná složka, postupem času dochází ke zmírnění tohoto nerovnovážného stavu a počet druhů dřevinné složky stoupá (Gilliam a kol. 1995).

Dalším faktorem, který má vliv na lesní podrost jsou přímé disturbance, které do jisté míry přispívají k heterogenitě lesního prostředí a ke zvýšení druhového bohatství. Mohou se mezi ně zařadit porostní mezery, tzv. gapy, nebo požáry (Royo a Collins 2010). Jak ukazuje práce Hutchinsona a kol. (2005) opakované požáry mohou zvýšit druhové bohatství bylinného patra.

Nicméně i okus lesní zvěří může ke zvýšení počtu druhů přispět snížením abundance dominantních druhů a uvolněním prostoru pro druhy jiné (Royo a Collins 2010).

Biodiverzita lesních ekosystémů je v poslední době ohrožena zásahy lidské činnosti. Mezi ně lze uvést převádění lesů na zemědělskou půdu, nebo rozvoj lidských sídel. V obou případech dochází k úbytku přirozených stanovišť a s ním spojenému úbytku druhů. Dalším negativním jevem může být jmenována ztráta původních druhů nahrazením druhy nepůvodními, nebo dokonce invazními (Gilliam 2007). Nejen úbytek lesů, ale také změna hospodaření v lese může vést k úbytku druhů, jak ukazuje studie Hédla a Szabó (2009).

2.2. Časová proměnlivost rostlinných společenstev

Stejně jako rostlinní jedinci se vyvíjejí v čase, doznávají i rostlinná společenstva časových změn, zejména pak změn druhového složení či diverzity. Ty mohou být vyvolány periodickými změnami podmínek prostředí. Vliv mohou mít i disturbance, ale také samotné rostliny, které na sebe vzájemně působí (Slavíková 1986). Mezi periodické změny velmi dlouhého intervalu lze zařadit střídání glaciálů a interglaciálů. Změnám vegetace v průběhu holocénu se věnuje například práce Carrióna a kol. (2003). Vegetační proměnlivost je ale vyvolávána i změnami podmínek mnohem kratších intervalů, například sezónními změnami. Faktory, které v sezóně kolísají a ovlivňují tak druhovou skladbu a diverzitu rostlinných společenstev, se liší v závislosti na geografické poloze. V oblastech blízko rovníku, kde je světelná délka dne konstantní, ovlivňuje sezónní změny vegetace především dostupnost srážek (Xuanlong a kol. 2013). Naopak ve vyšších zeměpisných šířkách jsou změny vegetace ovlivněny především dlouhotrvající sněhovou pokrývkou (Rautiainen a kol. 2011). V mírném pásmu se značné změny odehrávají v lesních společenstvech, zejména v bylinném patře (Augsburger a kol. 2017). Mezi klimatické činitele ovlivňující sezónní změny vegetace patří teplota a srážky (Kramer a kol. 2000). Lesní vegetace ale utváří vertikální strukturu, která má v mírných oblastech čtyři základní patra (mechové, bylinné, keřové a stromové). Na patro nižší úrovně vždy působí patro nad ním (Slavíková 1986). To je případ i bylinného patra, na které má velký vliv patro stromové, které jej ovlivňuje zejména dostupností světla v průběhu vegetační sezóny. Stromy prodělávají v sezóně velké změny. Od časného jara, kdy jim začínají růst listy, přes letní období plného olistění až po pozdní podzim, kdy listy opět ztrácejí. Na to reaguje bylinné patro, které výrazně mění své druhové složení od jarních světlomilnějších druhů po druhy letní a podzimní stínomilné (Taylor a Percy 1976). Na změny dostupnosti světla reagují i samotné rostlinné druhy. Například listy druhu *Hepatica nobilis* obsahují v létě a tedy pod plně olistěným nadrostem méně fosforu a dusíku z důvodu nižší metabolické činnosti. I samotná tvorba nových listů je ovlivněna sezónou (Andersson 1997).

Za základní jednotku pro výzkum vegetace je považován fytoocenologický snímek. Lze ho využít například pro inventarizaci a klasifikaci vegetace, nebo analýzu vlivu ekologických faktorů (Moravec 1994). Nicméně velké uplatnění nachází i ve výzkumu dynamiky rostlinných společenstev. Proměny společenstev, které jsme schopni zachytit pomocí vegetačního snímkování, se mohou odehrávat v různých časových intervalech. Ať už se jedná o změny v dlouhodobém (opakované snímkování porostu po více než 10

letech), střednědobém (opakované snímkování sloužící k porovnávání jednotlivých vegetačních sezón) i krátkodobém horizontu (opakované snímkování během jedné vegetační sezóny), pro každé z nich jsou vhodné jiné životní formy rostlin. Pro sledování dlouhodobých změn je možné zařadit dřeviny i byliny, pro popis střednědobých a krátkodobých změn jsou vhodné zejména byliny (Murphy a McCarthy 2014).

Opakované snímkování v dlouhodobém horizontu umožňuje popsat sukcesní vývoj vegetace na stanovišti. Studií na toto téma je poměrně velké množství (Taverna a kol. 2005; Davison a Forman 1982; Hédl 2004; aj.)

Naproti tomu studium krátkodobých změn umožňuje popsat dynamiku v druhovém složení a počtu druhů plynoucí ze střídání dostupných zdrojů během roku. Jako vhodné lokality výzkumu jsou vybírány ty, kde k výraznému kolísání zdrojů dochází. Mezi vhodné lokality lze například zařadit boreální lesy (Rautiainen a kol. 2011). Jiná studie se zabývá sledováním krátkodobých změn na zalesněných pastvinách (Kohler a kol. 2004). Velmi vhodným typem vegetace jsou opadavé lesy (Beatty 1984; Small a McCarthy 2002; Vymazalová a kol. 2012; Murphy a McCarthy 2014; Fuxai a kol. 2014; Vymazalová a kol. 2014; aj.). Studie zabývající se změnami vegetace v sobě obvykle nezahrnují všechny (dlouhodobé, střednědobé a krátkodobé) typy studia změn a tyto změny jsou studovány odděleně. Existuje ale i práce, která v sobě všechny 3 možnosti sdružuje (Murphy a McCarthy 2014). Pro sledování krátkodobých změn se obvykle využívají trvale označené plochy, není tedy problém s jejich dohledáním.

Pro výzkum vegetace, kdy máme za cíl studovat vliv nějakého environmentálního gradientu (např. vliv nadmořské výšky, sklonu svahu, apod.) je vhodné využít několik fytoecologických snímků rozložených za sebou v pravidelných vzdálenostech, tzv. transekt (Slavíková 1986)

Kromě vegetačních snímků se používají i jiné metody používané k popisu vegetační dynamiky. Jiný přístup zvolili například autoři z Brazílie, v oblasti savany. Ti využili k popisu dynamiky vegetace v suché a vlhké části sezóny vegetačních indexů (Ferreira a kol. 2003). Obdobně v australské savaně Xuanlong a kol. (2013).

2.3. Vliv topografie na vegetaci

Topografické aspekty mají vliv na tvorbu půdních typů a jejich vlastností a půdní vlhkost. Oba tyto faktory se spolupodílejí na formování vegetace na stanovišti. Existuje mnoho prací, které se výzkumem vlivu topografie na půdní vlastnosti a vlhkost zabývají. Například studie Seiberta a kol. (2007), kde autoři revidovali údaje ze 4000 ploch v boreálním lese, zjistili korelaci mezi některými půdními typy a jejich vlastnostmi a topografií. Mezi korelované půdní vlastnosti lze jmenovat hodnotu pH, která byla prokazatelně vyšší v organické vrstvě na jižně orientovaných svazích než na svazích severních. Topografie, zejména pak sklon svahu ovlivňuje také hloubku půdy a následně i půdní vlhkost, obzvláště v suchých obdobích roku, jak ukazuje studie Meervelda a McDonnella (2006). V jiné studii jsou sledovány účinky topografie na množství živin a půdní vlhkost na úrovni mikrostanovišť (Beatty 1984). O účincích topografie na půdní vlastnosti přináší doklad i práce Chena a kol. (1997) ze subtropických deštných lesů, studie Yimera a kol. (2006) z horských oblastí Etiopie, nebo Burke a kol. (1999) z lučních společenstev severní Ameriky.

Studie zabývající se účinky topografie na vegetaci lze rozdělit podle toho, zda se zabývají proměnlivostí v prostoru nebo v čase.

Vlivům, které rozhodují o distribuci různých vegetačních typů v prostoru se například věnuje práce Reeda a kol. (2009), kde autoři sledují, jaký vliv má topografie na rozvinutí travinné nebo dřevinné vegetace na stanovišti. Topografické aspekty mají vliv i na pokryvnost rostlinných druhů. Této problematice se věnuje práce Cantóna a kol. (2004), kde autoři pozorují pokryvnostní hodnoty vegetace v závislosti na reliéfu. Reliéf ovlivňuje i stanovištní diverzitu. V opadavých lesích se výzkumu vlivu topografických aspektů na vegetaci věnuje Sabatini a kol. (2014). Podle autorů je druhové složení, bohatství a sezónní střídání druhů bylinného patra ovlivněno mnoha topografickými faktory, jejichž účinek se liší v závislosti na lesním typu. Na druhové bohatství má u obou sledovaných typů porostu největší vliv potenciální sluneční záření, ovšem zatímco u bučin se zvyšujícím se přísunem radiace počet druhů klesá, u dubových porostů stoupá. Vztahu diverzity a topografických aspektů se věnuje například i Abe a kol. (1995) v opadavých lesích Japonska. Autoři sledovaly druhové bohatství na plochách s mezerami v nadrostu. Plochy se nacházely v různých pozicích na svahu. Ukázalo se, že místa položená výše na svahu mají více druhů než místa položená níže. Stejně problematice se věnuje i Fu a kol. (2004) v opadavých lesích Číny.

Často studovanými aspekty ovlivňující rostlinná společenstva v čase jsou sklon svahu a expozice. Význam obou faktorů může být různý. Mohou například ovlivnit změnu pokryvnosti dřevin a bylin, jak ukazuje studie Carmela a Kadmona (1999) v mediteránním typu vegetace. Se zvyšujícím se sklonem a severozápadní orientací svahu jsou změny vedoucí k zvýšení pokryvnosti stromů významnější. Sklonu svahu a expozice může ovlivnit i odolnost rostlinného společenstva vůči invazím, přičemž více svažité terén a jižně orientovaný svah odolnost společenstev podporuje (Bennie a kol. 2006). Elliot a kol. (1999) například sledovali změny lesní vegetace po 20 letech v závislosti na rozdílných topografických, edafických a klimatických podmínkách. Zjistili, že topografie a s ní spojená hloubka organické vrstvy v půdě se na složení stromového patra významně podílejí, přičemž odpovědi jednotlivých druhů jsou různé. Druhy rostoucí na svažitém terénu snižují svou početnost, zatímco druhy na méně svažitém terénu, s větší hloubkou organické vrstvy svou početnost zvyšují. Podle studie Daie a kol. (2002) pozice na svahu může ovlivnit rozvoj semenáčků dřevin. Reakce jednotlivých druhů semenáčků dřevin ale závisí na druhu. U některých druhů je vývoj topografií silně ovlivněn, na jiné druhy nemá vliv.

Studiem vlivu topografie na sezónní změny vegetace bylinného podrostu opadavého lesa se zabývají Small a McCarthy (2002). Autoři sledovali plochy se severní a jižní expozicí. Na jižně orientovaných plochách zaznamenali nejvyšší druhové bohatství v časném létě, na severně orientovaných plochách v časném jaře. Stejně problematice se věnují i autoři Murphy a McCarthy (2014).

3. Materiál a metody

3.1. Popis lokality

3.1.1. Geografické vymezení

Oblast experimentu se nachází na jihovýchodě České republiky v NPR Děvín-Kotel-Soutěska náležící k CHKO Pálava. Konkrétněji leží oblast výzkumu v severovýchodní části vrchu Děvín, blízko obci Pavlov (Obr. 1). Rozloha této rezervace je asi 377 ha s rozpětím nadmořské výšky od 280 do 550 metrů (AOPK ČR).



Obr. 1: Zobrazení oblasti experimentu na mapě (Zdroj: mapy.cz)

3.1.2. Vegetační charakteristika

Na vrchu Děvín se nachází 3 typy lesů. Dubohabřiny (*Carpinion*), nacházející se na severně orientovaných mírných svazích. Ve stromovém patře převažují druhy *Quercus petraea*, *Carpinus betulus* a *Tilia platyphyllos*. Bylinné patro zastupují druhy *Poa nemoralis*, *Melica uniflora*, *Dactylis polygama*, *Hepatica nobilis*, *Asarum europaeum* a velké množství jarních druhů, jako *Galanthus nivalis* a *Adoxa moschatellina*. Sut'ové lesy (*Tilio-Acerion*) rostoucí na prudších severních svazích zastupují dřeviny *Acer pseudoplatanus*, *Acer platanoides*, *Fraxinus excelsior* a *Tilia platyphyllos*. V bylinném patře převažují *Aconitum lycoctonum*, *Mercurialis perennis*, *Asarum europaeum* a *Lamium maculatum*. Pro teplomilné doubravy (*Quercion pubescenti-petraeae*), vyskytující se ve vrcholové části jižně orientovaných výhledných

svahů, jsou typické druhy *Quercus pubescens*, *Quercu petraea* a *Acer campestre*, bohatě vyvinuté keřové patro a byliny *Dictamnus albus*, *Geranium sanguineum*, *Teucrium chamaedrys* a další.

Podrobný floristický popis výše uvedených lesních typů lze nalézt v práci Hédla (2005), nebo ve čtvrtém díle Vegetace ČR (Chytrý 2013).

Od poloviny 20. století dochází v lesních společenstvech k ochuzování druhové bohatosti. To je způsobeno zejména změnou hospodaření, kdy docházelo k přechodu od výmladkového hospodaření (pařezin) k vysokému zapojenému lesu (Hédl a Szabó 2009).

3.1.3. Geologie a geomorfologie

CHKO Pálava je tvořena tektonickými útržky (bradla) pocházející z období svrchní Jury. Jsou tvořeny dvěma hlavními jednotkami. Klentnickým souvrstvím s mocností až 200 metrů a ve vyšších vrstvách uloženými Ernstbrunnskými bioklastickými vápenci s mocností až 120 metrů (Chlupáč a kol. 2002). Vápencový podklad působí na flóru především svým chemismem a pestrým reliéfem. Tyto dva faktory dávají vzniknout jevu, tzv. krasovému fenoménu, který umožňuje rozvoj charakteristických společenstev rostlin i živočichů. V České republice jsou Pavlovské vrchy jednou ze tří oblastí (další jsou Český a Moravský kras), kde je krasový fenomén plně vyvinut. Zejména pak heterogenní reliéf dokáže tvořit velké množství mikrostanišť (usměrňováním vzdušného proudění, ovlivněním dostupností srážek a slunečního záření) s odlišnými mikroklimatickými podmínkami a zvyšovat tak druhové bohatství celé oblasti (Ložek 2011).

3.2. Sběr terénních dat

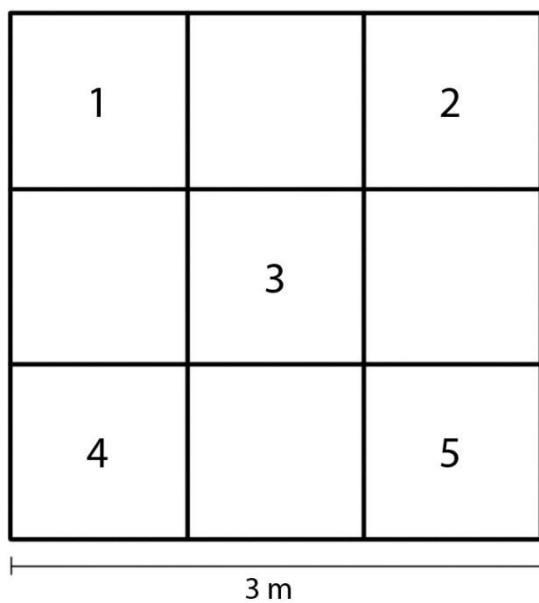
Pro sběr dat o proměnlivosti vegetace a prostředí bylo vymezeno 10 ploch umístěných na téměř liniovém transektu směřujícím od úpatí severozápadně orientovaného svahu, přes hřeben až po úpatí jihovýchodně orientovaného svahu děvinského vrchu, přičemž 5 ploch leželo na severozápadně a 5 na jihovýchodně orientovaném svahu. Souřadnice ploch jsou v tabulce 1. Každá plocha má velikost 3 x 3 m a v každé ploše bylo vytyčeno 5 podploh o velikosti 1 m² (Obr. 2). Plochy na transektu (Obr. 3), sledujícím výrazný reliéf (Obr. 4), byly označeny číselně od 1 do 10, podplochy vždy od 1 do 5. Snímkováno bylo jen pět podploh v každé z deseti ploch. Při každé návštěvě bylo tedy zaznamenáno 50 vegetačních snímků.

Mezi druhy, které byly řazeny do bylinného patra, patřily všechny bylinné druhy a ty semenáčky dřevin, které nepřesahovaly výšku 1 metru. K jednotlivým druhům zaznamenaným ve snímku byl přiřazen stupeň podle Braun-Blanquetovy kombinované stupnice početnosti a pokryvnosti: r, +, 1, 2, 3, 4, 5 (Moravec 1994). Každou snímkovací návštěvu byl také pořizován záznam zápoje stromového nadrostu pomocí fotoaparátu. Z fotografií byla následně získána hodnota pokryvnosti nadrostu v programu WinSCANOPY (Regent Instruments INC.). Data byla sbírána každé 3 týdny od 28. 3. 2018 do 31. 10. 2018. Proběhlo tedy 11 návštěv, při kterých bylo zapsáno 550 fytoocenologických snímků.

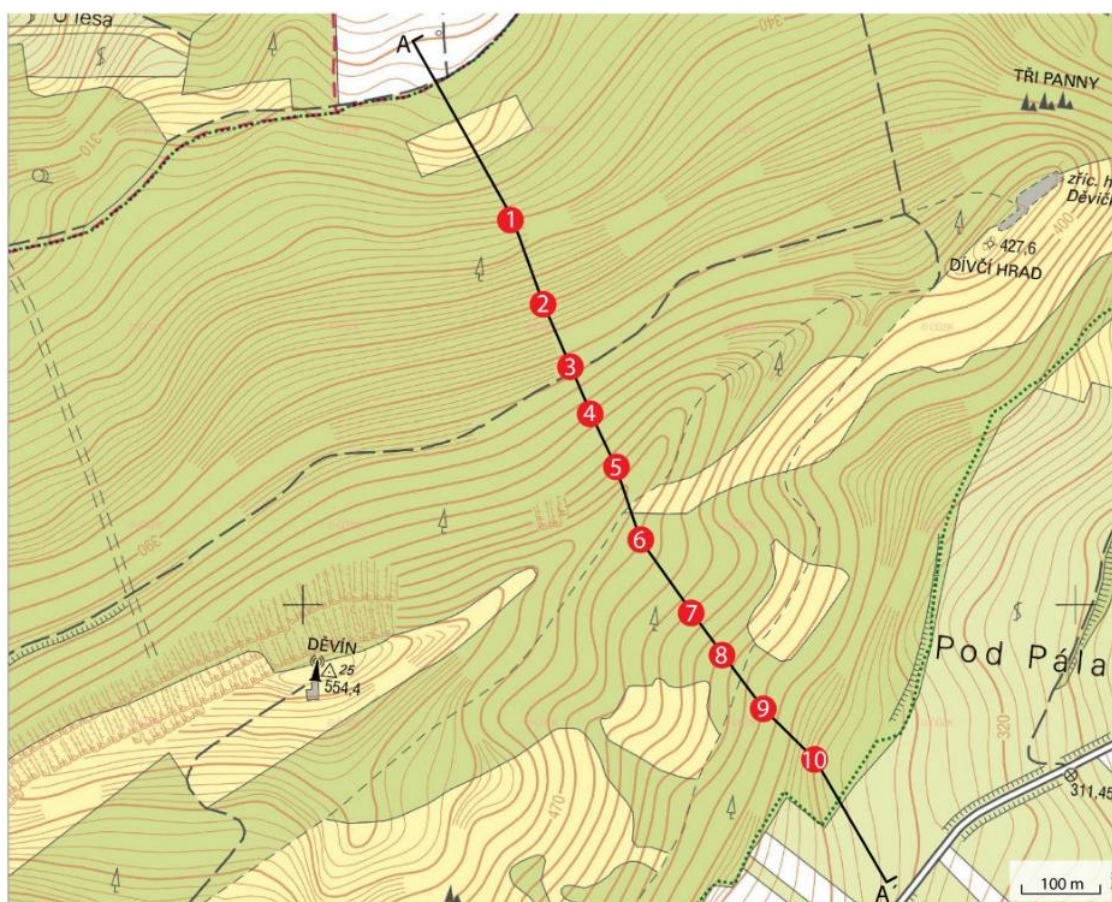
Data o prostředí byla sbírána jednorázově. Sem patří odběr půdních vzorků a proměnné související s topografií. Půdní vzorky byly odebrány ze všech podploch po ukončení snímkování vegetace v listopadu roku 2018. Ze vzorků byly stanoveny obsahy fosforu a draslíku a hodnota pH. Analýzy půdních vzorků proběhly v laboratoři na Oddělení vegetační ekologie BÚ AV ČR v Brně. Půdní acidita ve vodním roztoku byla stanovena pomocí digitálního pH metru se skleněnou elektrodou. Obsah živin (P a K) byl stanoven ve výluhu Mehlich III a změřen na automatickém průtokovém analyzátoru (firma Skalar). Pro jednotlivé podplochy byly také změřeny pro tuto práci důležité topografické proměnné, a sice sklon svahu a expozice. K změření sklonu byla použita vodováha s úhlovou mírou, k měření expozice kompas.

Tab. 1: Souřadnice ploch

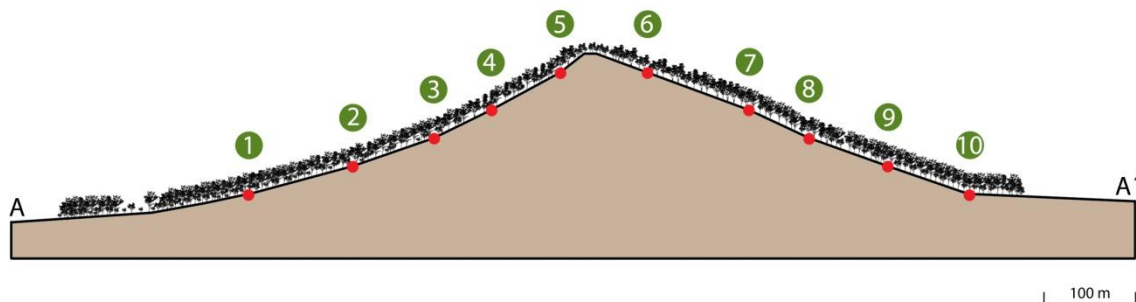
Zeměpisné souřadnice ploch na transektu		
Číslo plochy	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka
1	48° 52' 08.791" s. š.	16° 39' 32.754" v. d.
2	48° 52' 10.797" s. š.	16° 39' 28.833" v. d.
3	48° 52' 12.83" s. š.	16° 39' 25.937" v. d.
4	48° 52' 14.379" s. š.	16° 39' 23.696" v. d.
5	48° 52' 17.098" s. š.	16° 39' 20.471" v. d.
6	48° 52' 29.928" s. š.	16° 39' 09.522" v. d.
7	48° 52' 26.548" s. š.	16° 39' 12.245" v. d.
8	48° 52' 23.958" s. š.	16° 39' 14.465" v. d.
9	48° 52' 22.128" s. š.	16° 39' 15.972" v. d.
10	48° 52' 20.057" s. š.	16° 39' 17.98" v. d.



Obr. 2: Zobrazení snímkovacího designu



Obr. 3: Umístění ploch tvořících transekt přes hřeben Děvina
(Zdroj mapy: geoportál.gov.cz; upraveno)



Obr. 4: Schematický průřez hřebenem Děvina s vyznačením umístění ploch podél transektu

3.3. Zpracování dat

3.3.1. Stanovení topografického gradientu

Označení ploch na transektu 1-10 sloužilo pouze ke sběru dat. Aby však bylo možné sledovat a vyhodnotit vliv topografického gradientu, bylo nutné si tento gradient definovat ekologicky. Jako nejvhodnější proměnná související s topografickou situací Děvina se jeví přísun sluneční energie. Tu lze vyjádřit jako potenciální přirozenou radiaci, která byla spočtena z hodnot sklonu svahu, expozice a zeměpisné šířky (McCune a Keon 2002). Výpočet je uveden v příloze III. Hodnota vyjadřuje množství slunečního záření, které by dopadlo na dané místo, kdyby nebylo stíněno mraky a je vhodné tuto hodnotu užívat v případě, že chceme hodnotit vliv sklonu a expozice (Herben a Münzbergová 2003). Na základě výsledku byly plochy seřazeny od nejnižší do nejvyšší hodnoty a označeny písmeny A, B, C, D, E, F, G, H a I (Tab. 2). Při vyhodnocování dat je používáno výhradně toto seřazení.

Tab. 2: Zobrazení gradientu podle potenciální přirozené radiace

Hodnota potenciální přirozené radiace v MJ/cm ² /rok	Topografický Gradient	Poloha na transektu
0.573	A	5
0.649	B	3
0.667	C	4
0.683	D	1
0.723	E	8
0.797	F	2
0.827	G	6
0.838	H	9
0.855	I	10
0.924	J	7

3.3.2. Transformace vegetačních dat

Před analýzou musely být hodnoty nasbíraných dat upraveny. Jednotlivé termíny snímkování byly převedeny na číselné hodnoty od 1 do 11. Pro převedení hodnot Braun-Blanquetovy stupnice byla použita tzv. Van der Maarelůva transformace, kdy jsou hodnoty r, +, 1, 2, 3, 4, 5 převedeny na číselnou řadu 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (Van der Maarel 1979).

3.3.3. Analýza dat

Z terénního zápisníku byla vegetační data přepsána do programu Turboveg for Windows (Hennekens & Schaminée 2001), z něhož mohla být převedena do programu Juice (Tichý 2002). Ten sloužil ke kontrole datového souboru a následnému získávání potřebných dílčích dat, jako jsou počty druhů z jednotlivých snímkových období, nebo počty druhů semenáčků dřevin, jarních druhů a graminoidů a hodnot frekvence druhů pro jednotlivá období snímkování. K úpravě dat pro analýzy a tvorbu tabulek sloužil program Microsoft Excel. K analýzám změn diverzity byl využit program Statistica (TIBCO Software Inc.) a pro mnohorozměrné analýzy program Canoco 5 (Ter Braak & Šmilauer 2012).

3.3.4. Vyhodnocení změn druhové bohatosti a pokryvnosti

K vyhodnocení změn diverzity a pokryvnosti byla použita metoda ANOVA pro opakovaná měření (*Repeated Measures ANOVA*) s následným vyhodnocením průkaznosti změn mezi jednotlivými termíny snímkování pomocí *post-hoc* testu (Tukeyho test mnohonásobného porovnání za sebou jdoucích měření). Touto metodou byly vyhodnoceny změny počtu druhů celého společenstva a jednotlivých ploch, pokryvnost celého společenstva a diverzita životních forem.

K analýzám změn druhové bohatosti podle životních forem byly využity druhy
a) Dřevinná složka: *Acer campestre*, *Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior*, *Tilia platyphyllos*, *Ulmus glabra*, a *Prunus* sp.
b) Jarní druhy: *Adoxa moschatellina*, *Anemone ranunculoides*, *Corydalis cava*, *Corydalis pumila*, *Galanthus nivalis*, *Gagea lutea*, *Dentaria bulbifera*, *Dentaria enneaphyllos*, *Ficaria bulbifera*. Jako jarní druhy byly zvoleny ty, které se již nevyskytovaly po 30. květnu.
c) Graminoidy: *Brachypodium sylvaticum*, *Bromus benekenii*, *Carex digitata*, *Dactylis polygama* a *Melica uniflora*.

Ke zjištění vlivu topografie (Potenciální přirozená radiace) na změny druhové bohatosti v sezóně byla použita metoda obecného lineárního modelu (GLM) *Homogeneity-of-slopes model*, který je zaměřen na test paralelismu přímek (Lepš a Šmilauer 2016).

3.3.5. Vyhodnocení druhového složení

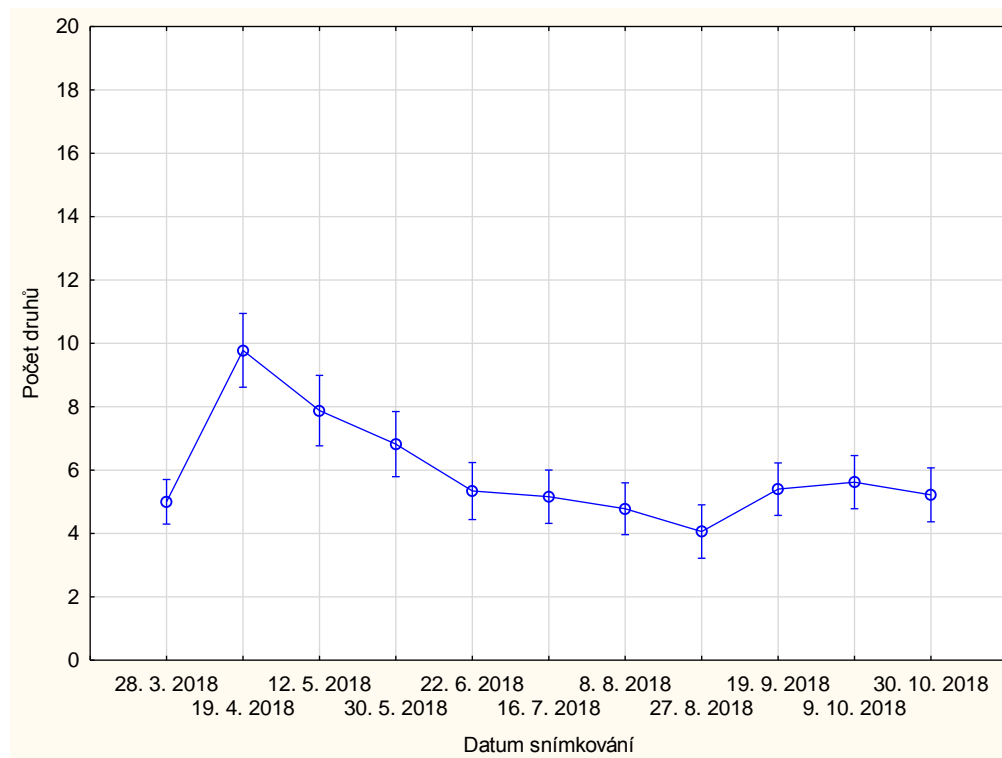
K zobrazení nepodobnosti jednotlivých ploch byla využita metoda nepřímé ordinace DCA (Detrended correspondence analysis). Plochy byly barevně odlišeny a) podle sezóny (jaro, léto, podzim), přičemž mezi jarní plochy byly zařazeny ty, které byly pořízeny první 4 návštěvy (28. 3., 19. 4., 12. 5. a 30. 5.), mezi letní ty, které byly pořízeny následné 4 návštěvy (22. 6., 16. 7., 8. 8. a 27. 8.) a mezi podzimní ty, které byly snímkovány poslední 3 návštěvy (19. 9., 9. 10. a 31. 10.) a b) podle hodnoty potenciální přirozené radiace na 5 ploch s nejvyšší hodnotou a 5 ploch s nejnižší hodnotou.

Vzhledem k tomu, že hodnota nejdelšího gradientu (dle metody DCA) byla vyšší než 4, který je uváděn v literatuře jako mezní hodnota pro výběr lineární či unimodální techniky (Herben a Munzbergová 2003; Lepš a Šmilauer 2000; Šmilauer a Lepš 2014) byl pro další analýzy zvolen unimodální typ přímé ordinace CCA (Canonical correspondence analysis). Data pro analýzu byla logaritmována a byla snížena váha vzácných druhů. Tato metoda testuje významnost proměnné prostředí pomocí Monte Carlo permutačního testu, který byl vzhledem k uspořádání experimentu (*Split-plot design*) nastaven na hierarchický design (*Hierarchical design*). Úrovně tvořily plochy (*Whole plots*) a podplochy (*Split-plots*). K analýze vlivu času a radiace na variabilitu ve druhovém složení během vegetační sezóny byla využita parciální analýza (*Constrained-partial*), kde byly zahrnuty jako kovariáty i další charakteristiky prostředí: pH půdy, obsah draslíku a fosforu a otevřenost stromového nadrostu. Vliv radiace na změny v druhovém složení v čase byl zjišťován také pomocí CCA s použitím stejných, výše uvedených kovariát. Ke zjištění společně vysvětlované variability ve druhovém složení byl použita metoda rozklad variance (*Variation partitioning*).

4. Výsledky

4.1. Změny druhové bohatosti

Metodou ANOVA pro opakovaná měření (Obr. 5) byly zjištěny statisticky průkazné změny druhové bohatosti v průběhu vegetační sezóny celého společenstva ($F_{10,490}=83,783$, $p=0,00$). Nejvyšší druhová bohatost byla zaznamenána 19. 4., nejnižší 27. 8. Podle Tukeyho testu mnohonásobného porovnání po sobě jdoucích měření docházelo k významným změnám v druhové bohatosti ($p<0,05$) mezi termíny od 28. 3. do 22. 6., poté počet druhů nedosahoval průkazných změn až do přelomu 27. 8. a 19. 9., kdy opět došlo k průkazné ($p<0,05$) změně diverzity, a sice k mírnému nárůstu (Tab. 3). Potenciální sluneční záření nemá vliv ($F_{10,528}=0,463$, $p=0,914$) na změny počtu druhů v čase, jak ukazují výsledky testové statistiky obecného lineárního modelu zaměřeného na test paralelismu přímk (Homogeneity-of-slopes).



Obr. 5: Vývoj druhové bohatosti během vegetační sezóny. V obrázku jsou zobrazeny průměry a 95% interval spolehlivosti počtu druhů pro jednotlivá za sebou jdoucí měření celého společenstva v roce 2018. ANOVA pro opakovaná měření ukázala statisticky průkazné rozdíly během celé vegetační sezóny ($F_{10,490}=83.783$, $p=0,00$).

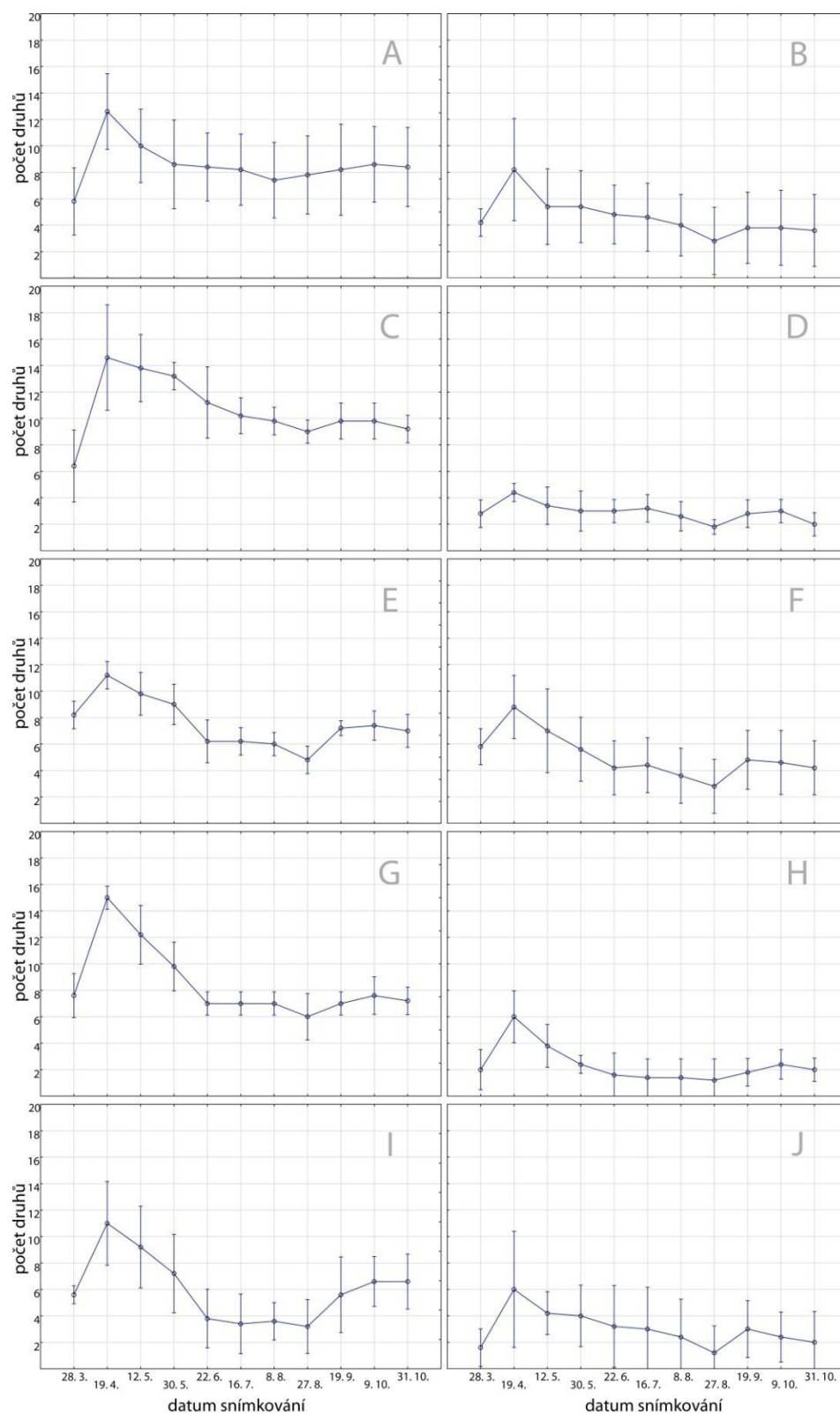
Tab. 3: Výsledky Tukeyho testu mnohonásobného porovnání po sobě jdoucích měření celého společenstva.

Datum		p
28.3.2018	19.4.2018	0,000015
19.4.2018	12.5.2018	0,000015
12.5.2018	30.5.2018	0,001473
30.5.2018	22.6.2018	0,000015
22.6.2018	16.7.2018	0,999783
16.7.2018	8.8.2018	0,920631
8.8.2018	27.8.2018	0,142944
27.8.2018	19.9.2018	0,000021
19.9.2018	9.10.2018	0,998727
9.10.2018	31.10.2018	0,891901

Změny druhové bohatosti během vegetační sezóny pro jednotlivé plochy jsou zobrazeny na Obr. 6. ANOVA pro opakovaná měření ukázala průkaznost časových změn u všech ploch ($p < 0,05$). Výsledky testové statistiky pro jednotlivé plochy shrnuje Tab. 4. K otestování průkaznosti změn mezi jednotlivými záznamy byl použit Tukeyho test (Příloha VI) mnohonásobného porovnání. Ukázal významné ($p < 0,05$) změny diverzity u všech ploch mezi daty 28. 3. 2018 a 19. 4. 2018. U ploch E, F a I lze pozorovat nárůst počtu druhů na 5% hladině významnosti mezi daty 27. 8. a 19. 9. U všech ploch můžeme vidět nejvyšší druhové bohatství 19. 4. 2018.

Tab. 4: Testová statistika ANOVA pro opakovaná měření jednotlivých ploch

Plocha	Stupně volnosti	$F_{10,40}$	p
A	10	19.89245	0,000000
B	10	10.83996	0,000000
C	10	22.3514	0,000000
D	10	5.4191	0,000049
E	10	22.182	0,000000
F	10	19.83526	0,000000
G	10	30.387	0,000000
H	10	8.6115	0,000000
I	10	29.98614	0,000000
J	10	8.09600	0,000001

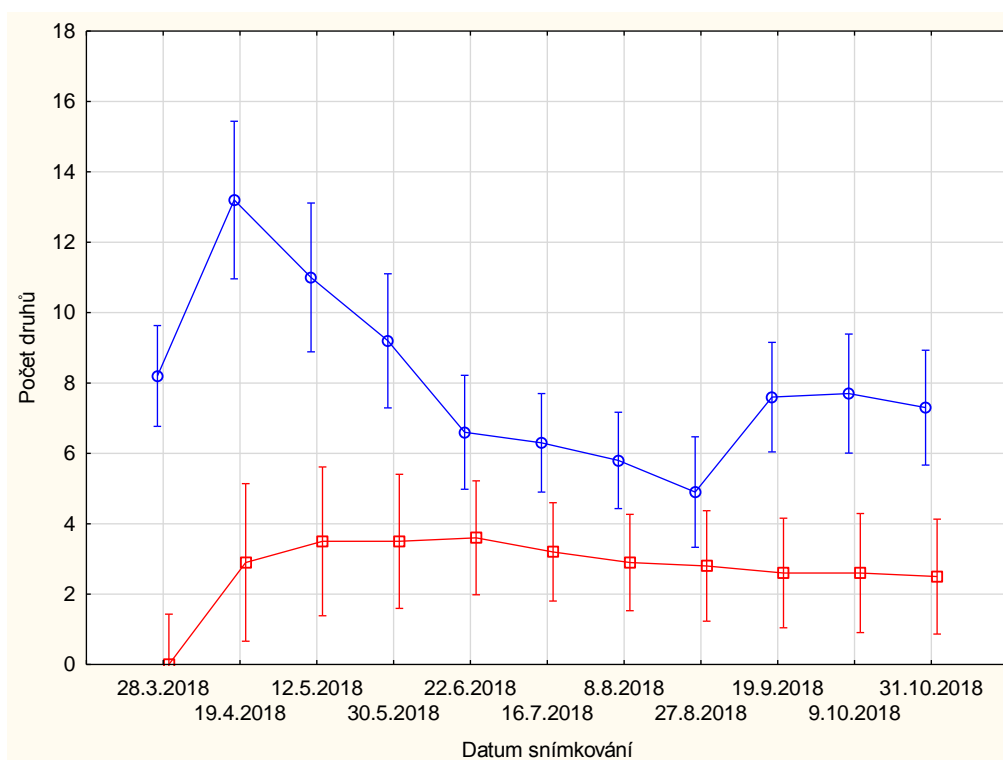


Obr. 6: Vývoj druhové bohatosti během vegetační sezóny pro jednotlivé plochy. V obrázku jsou zobrazeny průměry a 95% interval spolehlivosti počtu druhů pro jednotlivá za sebou jdoucí měření u jednotlivých ploch. ANOVA pro opakovaná měření ukázala průkazné změny u všech ploch.

4.1.1. Změny druhové bohatosti životních forem

4.1.1.1. Bylinná a dřevinná složka bylinného patra

Metodou ANOVA pro opakovaná měření byl zjištěn průkazný ($F_{10,180}=24,944$, $p<0.05$) rozdíl změn počtu druhů v průběhu vegetační sezóny mezi bylinnou a dřevinnou složkou (Obr. 7). Bylinné patro vykazuje výraznější sezónní dynamiku. Podle Tukeyho testu mnohonásobného porovnání za sebou jdoucích měření (Tab. 5) došlo k průkazným ($p<0,05$) změnám v druhové bohatosti mezi daty 28. 3. a 19. 4., 19. 4. a 12. 5., 12. 5. a 30. 5., 30. 5. a 22. 6. a mezi 27. 8. a 19. 9. U dřevinné složky lze pozorovat pouze jednu změnu mezi daty 28. 3. a 19. 4., poté se počet druhů mění jen nepatrně a zastoupení dřevin se jeví jako velmi stabilní po celou vegetační sezónu.



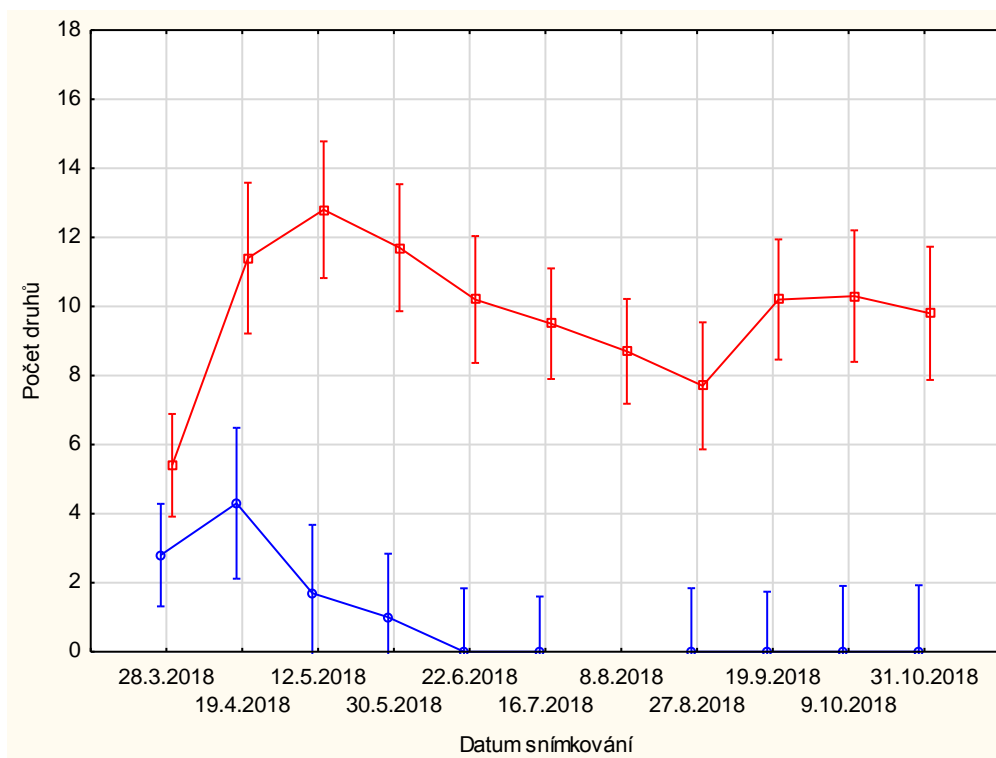
Obr. 7: Vývoj druhové bohatosti bylinné (modrá barva) a dřevinné (červená barva) složky. V obrázku jsou zobrazeny průměry a 95% interval spolehlivosti počtu druhů pro jednotlivá za sebou jdoucí měření dřevinné a bylinné složky v roce 2018. ANOVA pro opakovaná měření ukázala průkazný rozdíl v dynamice dřevinné a bylinné složky ($F_{10,180}=24,944$, $p<0,05$).

Tab. 5: Výsledky Tukeyho testu mnohonásobného porovnání za sebou jdoucích měření ukazující změny druhové bohatosti bylinné a dřevinné složky mezi jednotlivými termíny zápisu.

Bylinná složka			Dřevinná složka		
Datum		P	Datum		p
28.3.2018	19.4.2018	0,000015	28.3.2018	19.4.2018	0,000015
19.4.2018	12.5.2018	0,001349	19.4.2018	12.5.2018	0,999860
12.5.2018	30.5.2018	0,035941	12.5.2018	30.5.2018	1,000000
30.5.2018	22.6.2018	0,000035	30.5.2018	22.6.2018	1,000000
22.6.2018	16.7.2018	1,000000	22.6.2018	16.7.2018	1,000000
16.7.2018	8.8.2018	0,999993	16.7.2018	8.8.2018	1,000000
8.8.2018	27.8.2018	0,967812	8.8.2018	27.8.2018	1,000000
27.8.2018	19.9.2018	0,000021	27.8.2018	19.9.2018	1,000000
19.9.2018	9.10.2018	1,000000	19.9.2018	9.10.2018	1,000000
9.10.2018	31.10.2018	1,000000	9.10.2018	31.10.2018	1,000000

4.1.1.2. Jarní a ostatní druhy

Sezónní změny druhové bohatosti jsou průkazně ($F_{10,180}=61,045$, $p<0,05$) odlišné mezi jarními a ostatními druhy bylinného patra, jak ukazují výsledky ANOVA pro opakovaná měření (Obr. 8). Podle Tukeyho testu mnohonásobného porovnání za sebou jdoucích měření došlo k průkazným ($p<0,05$) změnám druhové bohatosti jarních druhů jen mezi 19. 4. a 12. 5. K významným ($p<0,05$) změnám ostatních druhů bylinného patra došlo mezi daty 28. 3. a 19. 4. a mezi 27. 8. a 19. 9. (Tab. 6). Zajímavé je si povšimnout termínu 19. 4., kdy bylinné patro bez jarních druhů vykazuje vyšší druhovou bohatost o měsíc později, než s jarními druhy.



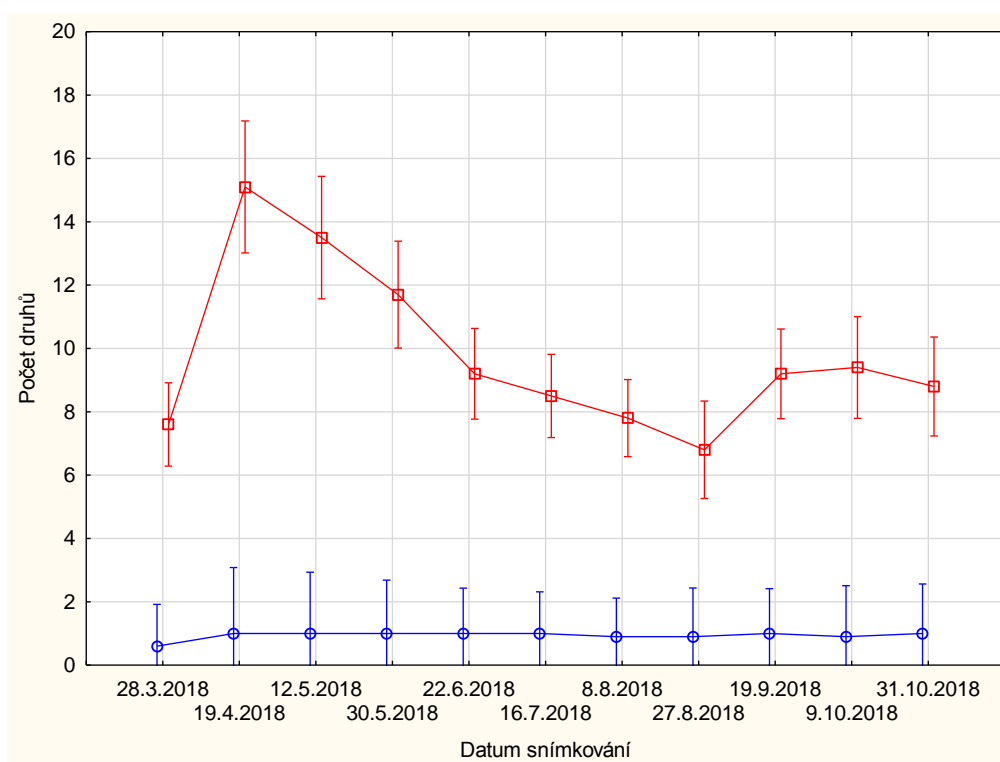
Obr. 8: Vývoj druhové bohatosti jarních (modrá barva) a ostatních (červená barva) druhů bylinného patra. V obrázku jsou zobrazeny průměry a 95% interval spolehlivosti počtu druhů pro jednotlivá za sebou jdoucí měření jarních a ostatních druhů bylinného patra v roce 2018. ANOVA pro opakovaná měření ukázala průkazný rozdíl ve změnách mezi sledovanými složkami ($F_{10, 180}=61,045$, $p<0,05$).

Tab. 6: Výsledky Tukeyho testu mnohonásobného porovnání za sebou jdoucích měření ukazující změny druhové bohatosti jarních a ostatních druhů bylinného patra mezi jednotlivými termíny zápisu.

Jarní druhy			Ostatní druhy		
Datum		P	Datum		p
28.3.2018	19.4.2018	0,152879	28.3.2018	19.4.2018	0,000015
19.4.2018	12.5.2018	0,000020	19.4.2018	12.5.2018	0,259948
12.5.2018	30.5.2018	0,997354	12.5.2018	30.5.2018	0,736996
30.5.2018	22.6.2018	0,867731	30.5.2018	22.6.2018	0,152879
22.6.2018	16.7.2018	1,000000	22.6.2018	16.7.2018	0,997354
16.7.2018	8.8.2018	1,000000	16.7.2018	8.8.2018	0,985630
8.8.2018	27.8.2018	1,000000	8.8.2018	27.8.2018	0,867731
27.8.2018	19.9.2018	1,000000	27.8.2018	19.9.2018	0,000031
19.9.2018	9.10.2018	1,000000	19.9.2018	9.10.2018	1,000000
9.10.2018	31.10.2018	1,000000	9.10.2018	31.10.2018	0,999985

4.1.1.3. Graminoidy a širokolisté druhy

ANOVA pro opakovaná měření ukázala průkazný ($F_{10,180}=83,942$, $p<0,05$) rozdíl změn druhové bohatosti mezi graminoidy a širokolistými druhy bylinného patra v průběhu vegetační sezóny (Obr. 9). Tukeyho test mnohonásobného porovnání po sobě jdoucích měření ukázal, že zastoupení graminoidů v celé vegetační sezóně je velmi stabilní (Tab. 7). K průkazné změně diverzity nedošlo ani v jednom případě. Naproti tomu širokolisté byliny vykazují průkazné změny druhové bohatosti mezi daty 28. 3. a 19. 4., 12. 5. a 30. 5., 30. 5. a 22. 6. a mezi 27. 8. a 19. 9.



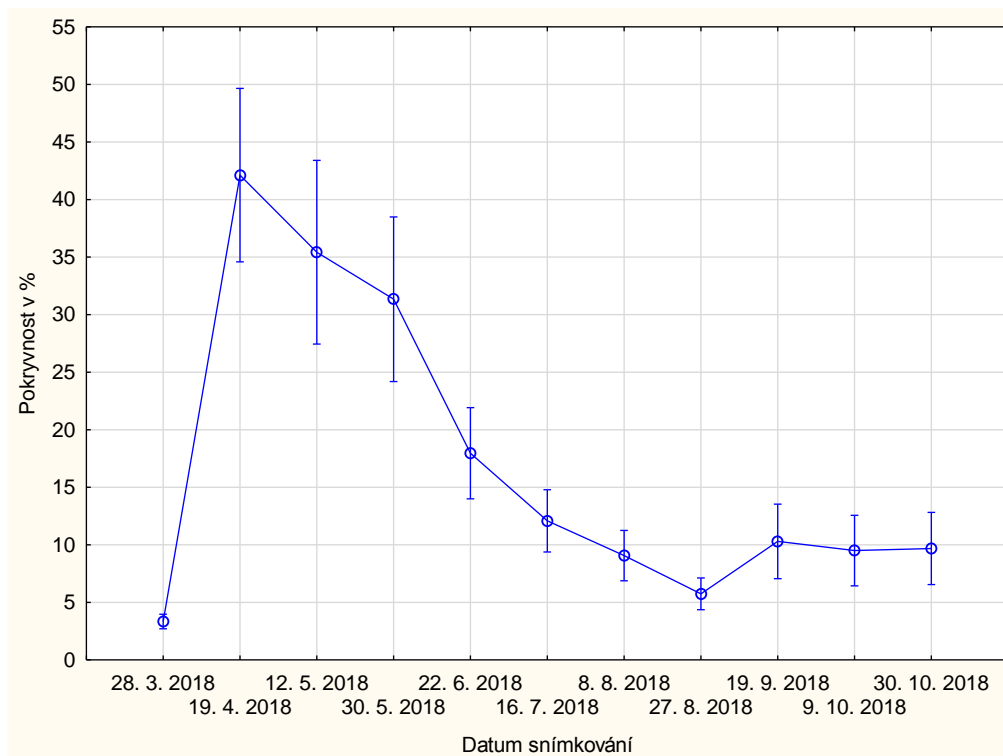
Obr. 9: Vývoj druhové bohatosti graminoidů (modrá barva) a širokolistých bylin (červená barva). V obrázku jsou zobrazeny průměry a 95% interval spolehlivosti počtu druhů pro jednotlivá za sebou jdoucí měření graminoidů a širokolistých bylin v roce 2018. ANOVA pro opakovaná měření ukázala průkazný rozdíl ve změnách mezi sledovanými složkami ($F_{10,180}=83,942$, $p<0,05$).

Tab. 7: Výsledky Tukeyho testu mnohonásobného porovnání za sebou jdoucích měření ukazující změny druhové bohatosti graminoidů a širokolistých bylin mezi jednotlivými termíny zápisu.

Graminoidy			Širokolisté byliny		
Datum		P	Datum		p
28.3.2018	19.4.2018	1,000000	28.3.2018	19.4.2018	0,000015
19.4.2018	12.5.2018	1,000000	19.4.2018	12.5.2018	0,073644
12.5.2018	30.5.2018	1,000000	12.5.2018	30.5.2018	0,016547
30.5.2018	22.6.2018	1,000000	30.5.2018	22.6.2018	0,000027
22.6.2018	16.7.2018	1,000000	22.6.2018	16.7.2018	0,996930
16.7.2018	8.8.2018	1,000000	16.7.2018	8.8.2018	0,996930
8.8.2018	27.8.2018	1,000000	8.8.2018	27.8.2018	0,855612
27.8.2018	19.9.2018	1,000000	27.8.2018	19.9.2018	0,000055
19.9.2018	9.10.2018	1,000000	19.9.2018	9.10.2018	1,000000
9.10.2018	31.10.2018	1,000000	9.10.2018	31.10.2018	0,999664

4.2. Změny pokryvnosti

Výsledky metody ANOVA pro opakovaná měření také ukázaly průkazný ($F_{10,490}=55,301$, $p<0,05$) vliv času na změnu pokryvnosti (Obr. 10). Vrcholu pokryvnost celého společenstva dosáhla 19. 4. Podle Tukeyho testu mnohonásobného porovnání po sobě jdoucích měření došlo k významným změnám ($p<0,05$) mezi záznamy 28. 3. a 19. 4., poté až mezi 30. 5. a 22. 6. K průkaznému zvýšení pokryvnosti mezi termíny 27. 8. a 19. 9., jako tomu bylo u druhové bohatosti, nedošlo (Tab. 8).



Obr. 10: Vývoj pokryvnosti v průběhu vegetační sezóny. V obrázku jsou zobrazeny průměry a 95% interval spolehlivosti hodnoty pokryvnosti pro jednotlivá za sebou jdoucí měření v roce 2018. ANOVA pro opakovaná měření ukázala průkazné rozdíly ($F_{10,490}=55,301$, $p<0,05$) pokryvnosti celého společenstva v průběhu vegetační sezóny.

Tab. 8: Tukeyho test mnohonásobného porovnání po sobě jdoucích měření celého společenstva pro pokryvnost zobrazující průkaznost změn mezi jednotlivými snímkovacími termíny.

Pokryvnost		
Datum		P
28.3.2018	19.4.2018	0,000015
19.4.2018	12.5.2018	0,210294
12.5.2018	30.5.2018	0,869705
30.5.2018	22.6.2018	0,000019
22.6.2018	16.7.2018	0,400004
16.7.2018	8.8.2018	0,981949
8.8.2018	27.8.2018	0,964433
27.8.2018	19.9.2018	0,767349
19.9.2018	9.10.2018	1,00000
9.10.2018	31.10.2018	1,00000

4.3. Změny druhového složení

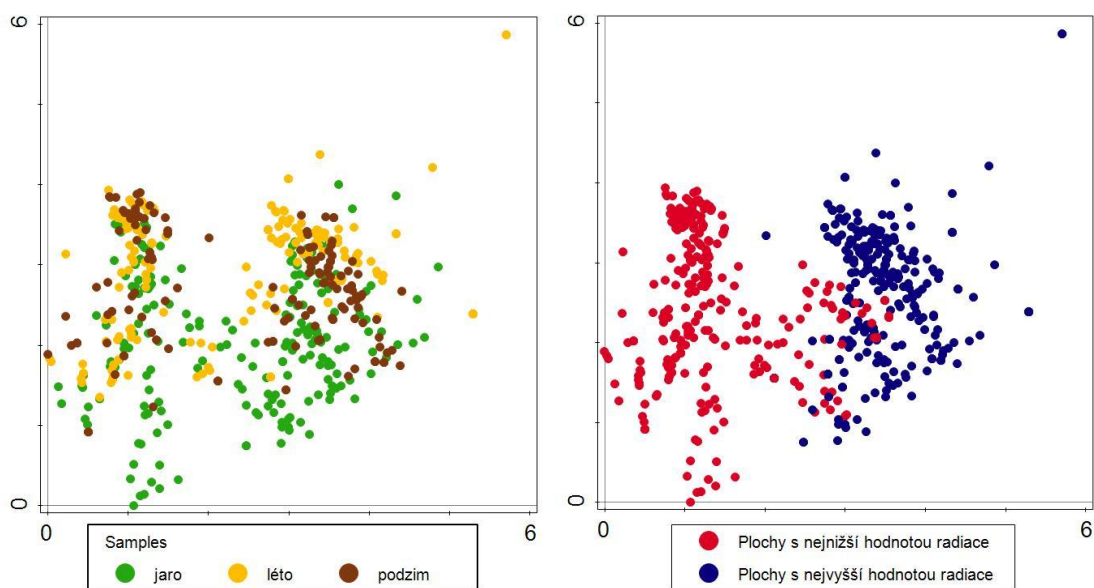
Jednotlivé plochy vykazují odlišnost v druhovém složení v čase. Můžeme vidět, že zejména jarní záznamy se jeví jako nejméně podobné letním a podzimním záznamům, jak ukazuje DCA na Obr. 11 (vlevo). Více odlišné se plochy jeví po rozdělení podle hodnot potenciální přirozené radiace na Obr. 11 (vpravo). Testování vlivu času na druhové složení pomocí CCA (Obr. 12) ukázalo průkazný výsledek (pseudo-F=17.5, p=0.002). Obr. 12 ukazuje 30 druhů s největší významností. Můžeme vidět jarní druhy *Gagea lutea*, *Anemone ranunculoides*, *Corydalis cava*, *Adoxa moschatellina*, *Dentaria bulbifera* a *Arum cylindraceum*. Později se objevují druhy *Aconitum lycoctonum*, *Mercurialis perennis* a *Campanula rapunculoides*, *Viola odorata*, *Glechoma hirsuta*, *Lamium maculatum* a dřeviny *Fraxinus excelsior*, *Ulmus glabra* a *Acer campestre*.

Podrobnější vývoj v druhovém složení můžeme zjistit podle frekvence druhů ve snímcích v daném období prezentované v Tab. 9. 28. 3. ve snímkovém souboru převažovaly druhy *Gagea lutea* a *Veronica sublobata*. 19. 4. výrazně zvyšují frekvenci i další jarní druhy, jako *Adoxa moschatellina*, *Corydalis cava* a *Anemone ranunculoides*. Svou frekvenci zvyšuje i *Aconitum lycoctonum*, *Lamium maculatum* a z trav *Melica uniflora*. V termínu 12. 5. můžeme vidět výrazný úbytek jarních druhů (*Corydalis cava*, *Anemone ranunculoides*, *Gagea lutea*, *Adoxa moschatellina* a dalších). *Galium aparine* zde dosahuje nejvyšší frekvence ve snímkovacím období. 30. 5. pokračuje úbytek jarních druhů, přičemž některé se již vůbec neobjevují (*Gagea lutea*, *Adoxa moschatellina*, *Veronica sublobata*). Od 22. 6. do 27. 8. nedochází k výrazným změnám a převažují zde druhy jako *Melica uniflora*, *Galium odoratum*, *Lamium maculatum* a dřeviny *Acer pseudoplatanus* a *Fraxinus excelsior*. 19. 9. je zajímavé si všimnout druhů *Galium aparine* a *Veronica sublobata*, které se po letním období znovu objevují. V období od 19. 9. do 31. 10. opět nedochází k velkým změnám a druhové složení se jeví velmi podobné letnímu období, obohacené o dva výše zmíněné druhy.

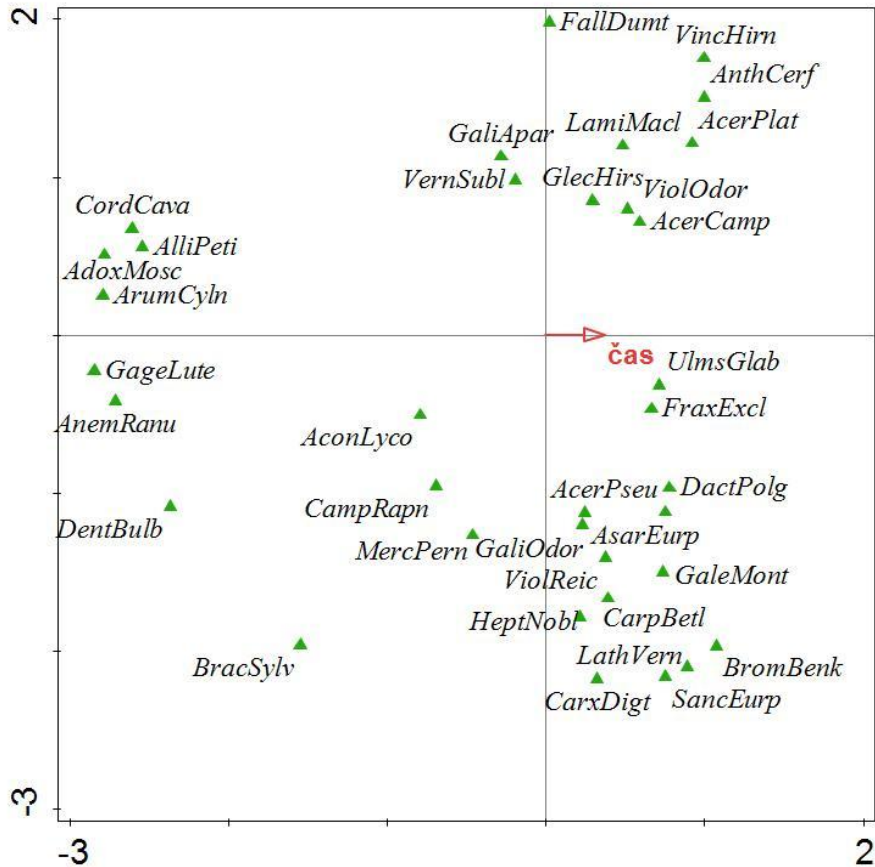
Podle testové statistiky analýzy CCA (Obr. 13) má topografie průkazný vliv na variabilitu v druhovém složení během vegetační sezóny (pseudo-F=33,1, p=0,002). Na plochách, kde je potenciální přirozená radiace nižších hodnot převažují druhy *Aconitum lycoctonum*, *Mercurialis perennis*, *Viola reichenbachiana*, *Hepatica nobilis* a dřeviny *Ulmus glabra*, *Acer platanoides* a *Acer pseudoplatanus*. Naopak na plochách s vyššími hodnotami se vyskytují druhy *Glechoma hirsuta*, *Viola odorata*, *Geum urbanum* a dřeviny *Acer campestre* a *Fraxinus excelsior*. Na Obr. 15 můžeme vidět, že

potenciální přirozená radiace má větší vliv na vysvětlení variability v druhovém složení než čas. Dále také vidíme velmi nízkou hodnotu společně vysvětlované variability ve druhovém složení oběma faktory.

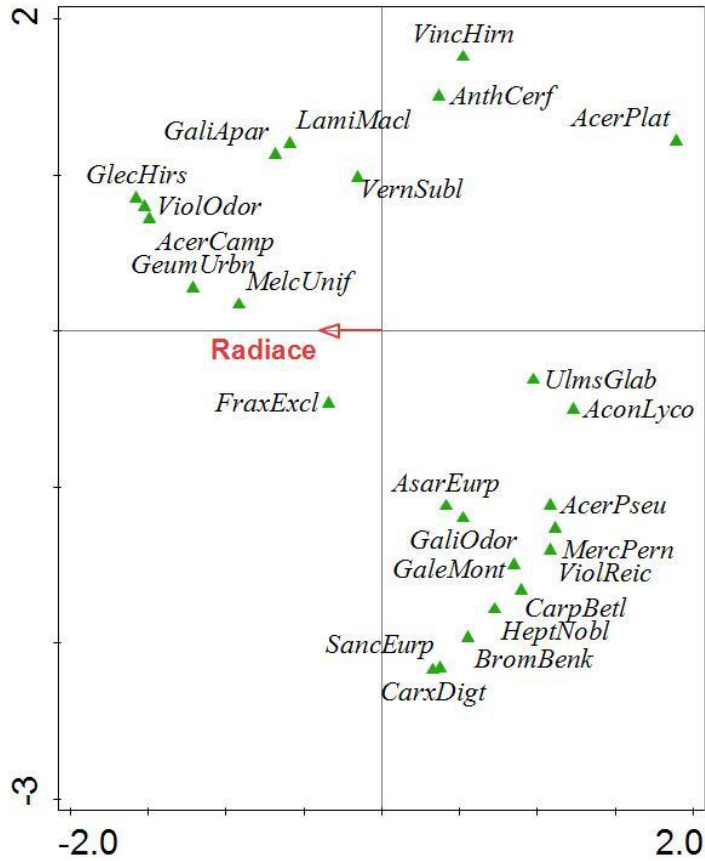
Testování interakce času a radiace vyšla průkazně (pseudo-F=6,1, p=0,002). Topografie tedy ovlivňuje změny druhového složení v čase. Na Obr. 14 můžeme vidět, že na plochách s nižší hodnotou radiace se na jaře vyskytují druhy *Dentaria enneaphyllos* a *Dentaria bulbosa* a *Polygonatum multiflorum*. Později se zde vyskytují druhy *Aconitum lycoctonum*, *Mercurialis perennis* a dřeviny *Acer platanoides*, *Ulmus glabra* a *Acer pseudoplatanus*. Naopak na plochách s vyšší hodnotou radiace se na začátku snímovacího období vyskytují *Corydalis pumila*, *Alliaria petiolata* a *Arum cylindraceum*. Později jsou nahrazeny druhy *Allium rotundum*, *Glechoma hirsuta*, *Viola odorata* a dřevinou *Fraxinus excelsior*.



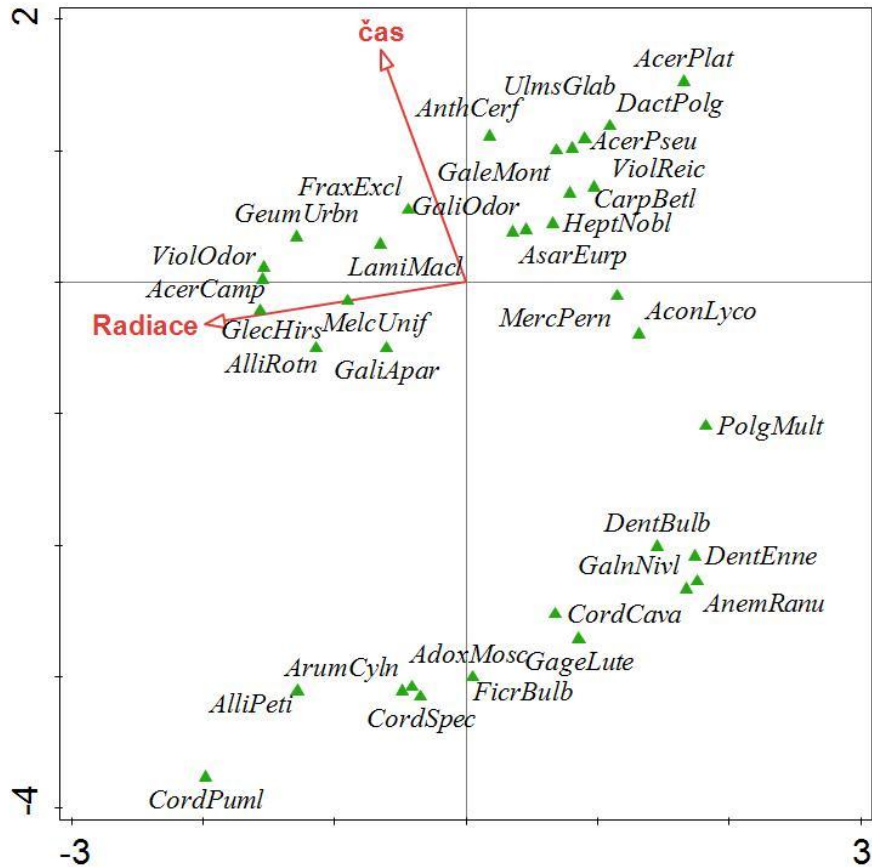
Obr. 11: Analýza DCA. První osa vysvětluje 9,5 % celkové variability, druhá osa 5,7 % celkové variability ve druhovém složení. Zobrazeny jsou jednotlivé vegetační snímky (body) barevně odlišené podle sezóny (vlevo) a podle potenciální přirozené radiace (vpravo).



Obr. 12: Variabilita ve druhovém složení pod vlivem času. První osa, zde vyjadřující vysvětlující proměnnou čas, vysvětluje 3,2 % celkové variability, druhá osa vysvětluje 10,5 % celkové variability. Čas má průkazný vliv na druhové složení (pseudo-F=17.5, p=0.002). Zobrazeno je 35 druhů (zelené trojúhelníky) s největší významností.



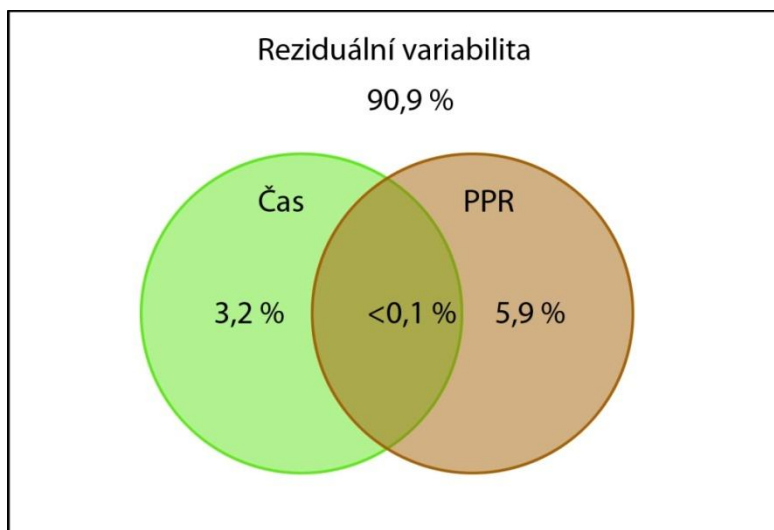
Obr. 13: Variabilita ve druhovém složení pod vlivem radiace. První osa, zde vyjadřující vysvětlující proměnnou radiace, vysvětluje 5,8 % celkové variability, druhá osa vysvětluje 10,3 % celkové variability. Radiace má průkazný vliv na druhové složení (pseudo-F=33,1, p=0.002). Zobrazeno je 25 druhů (zelené trojúhelníky) s největší významností.



Obr. 14: Variabilita ve druhovém složení pod vlivem času a radiace. První osa vysvětluje 5,8 % celkové variability, druhá osa vysvětluje 2,8 % celkové variability. Obě proměnné prostředí (Čas i radiace) mají průkazný vliv na druhové složení (pseudo-F=25,4, p=0.002). Zobrazeno je 30 druhů (zelené trojúhelníky) s největší významností.

Tab. 9: Synoptická tabulka vyjadřující změny frekvence druhů ve snímcích v průběhu vegetační sezóny. Světle zelená barva zvýrazňuje hodnotu frekvence nad 35 %, tmavě zelená hodnotu nad 70 %.

Synoptická tabulka											
Taxon	Datum snímkování										
	28.3.	19.4.	12.5.	30.5.	22.6.	16.7.	8.8.	27.8.	19.9.	9.10.	31.10.
	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018
Frekvence v %											
<i>Anemone ranunculoides</i>	24	64	12	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Adoxa moschatellina</i>	18	38	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Galium aparine</i>	16	30	36	34	0	0	0	0	18	24	26
<i>Fraxinus excelsior</i>	0	18	32	32	38	34	30	24	28	26	26
<i>Gagea lutea</i>	80	64	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corydalis cava</i>	32	72	36	24	0	0	0	0	0	0	0
<i>Galium odoratum</i>	16	32	36	34	36	36	34	32	30	24	24
<i>Acer pseudoplatanus</i>	0	24	34	34	36	36	34	34	36	34	26
<i>Veronica sublobata</i>	52	54	38	0	0	0	0	0	26	40	36
<i>Aconitum lycoctonum</i>	32	40	40	38	38	38	30	0	22	22	20
<i>Melica uniflora</i>	18	38	40	40	40	38	38	36	36	32	30
<i>Lamium maculatum</i>	30	36	36	38	38	38	38	34	34	36	38
<i>Viola odorata</i>	20	32	34	34	28	28	30	22	34	32	32
<i>Anthriscus cerefolium</i>	14	20	22	18	12	8	4	0	32	30	30
<i>Asarum europaeum</i>	26	34	34	34	34	32	32	26	28	28	28
<i>Ulmus glabra</i>	0	24	24	28	26	24	28	24	26	24	26
<i>Geum urbanum</i>	6	16	18	22	16	18	16	18	20	24	26
<i>Acer platanoides</i>	0	16	20	20	22	24	22	22	22	22	22
<i>Glechoma hirsuta</i>	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	22
<i>Viola reichenbachiana</i>	18	20	18	18	18	18	20	20	18	18	16
<i>Acer campestre</i>	0	20	28	26	28	26	24	24	22	20	16
<i>Hepatica nobilis</i>	8	12	14	14	12	14	14	10	12	14	12
<i>Galeobdolon montanum</i>	6	8	8	8	8	8	6	8	8	10	10
<i>Campanula rapunculoides</i>	0	22	24	26	10	8	2	0	12	14	10
<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>	0	2	8	8	8	6	8	8	8	8	8
<i>Allium rotundum</i>	0	16	12	10	0	0	0	0	2	8	8
<i>Bromus benekenii</i>	2	4	4	4	4	6	4	6	2	6	8
<i>Lathyrus vernus</i>	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Sanicula europaea</i>	2	2	2	4	2	2	2	2	8	2	4
<i>Mercurialis perennis</i>	0	14	16	10	10	8	10	6	4	4	4
<i>Dactylis polygama</i>	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Carpinus betulus</i>	0	6	6	6	8	8	6	6	4	6	4
<i>Carex digitata</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<i>Omphalodes scorpioides</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	0	4	4	4	2	0	0	0	2	0	0
<i>Stellaria media</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corydalis pumila</i>	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Geranium robertianum</i>	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Impatiens parviflora</i>	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ficaria bulbifera</i>	2	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polygonatum multiflorum</i>	0	4	6	6	4	2	0	0	0	0	0
<i>Corydalis species</i>	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Galanthus nivalis</i>	16	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dentaria enneaphyllos</i>	14	16	6	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anthriscus species</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Fallopia dumetorum</i>	0	4	14	20	10	12	10	8	10	10	0
<i>Vicia species</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Heracleum sphondylium</i>	0	0	2	2	2	2	0	0	2	4	0
<i>Tilia platyphyllos</i>	0	14	12	6	2	2	2	2	0	2	0
<i>Lilium martagon</i>	0	2	4	4	4	2	0	0	0	0	0
<i>Arum cylindraceum</i>	20	32	10	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Alliaria petiolata</i>	2	14	20	8	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dentaria bulbifera</i>	0	24	20	18	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prunus species</i>	0	0	4	2	4	2	0	0	0	0	0



Obr. 15: Rozklad variance zobrazující hodnotu vysvětlované variability ve druhovém složení času, potenciální přirozenou radiace (PPR) a společně vysvětlovanou variabilitu.

Tab. 10: Shrnutí výsledků testových statistik analýzy CCA

Analýza CCA	pseudo-F	p-hodnota
Čas	17,5	0,002
Radiace	33,1	0,002
Čas*Radiace	6,1	0,002

5. Diskuze

5.1. Sezónní změny bylinného patra

Druhová bohatost a druhové složení bylinného patra vykazovaly sezónní proměnlivost. Nejvyšší počet druhů byl zaznamenán na jaře 19. 4. Po tomto datu docházelo k setrvalému poklesu až do 27. 8. Následně došlo k mírnému zvýšení druhové bohatosti. K nárůstu přispěli nově klíčící terofyty (*Galium aparine*, *Veronica sublobata*), které zareagovaly na příznivější podmínky pro jejich růst a po letním období, ve kterém se nevyskytovaly, se znovu objevují. Analýza DCA ukazuje odlišnost jarních snímků od letních a podzimních, které se mezi sebou už příliš neliší. Odlišnost mezi jarními a podzimními plochami ve své práci prezentuje i Vymazalová a kol. (2014) a Small a McCarthy (2002). Odlišnost je pravděpodobně způsobena výše zmíněnými jarními druhy, které se v letním ani podzimním období nevyskytovaly. Nejvyšší druhovou bohatost na jaře zaznamenalo několik dalších autorů (Murphy a McCarthy 2014, Tenglerová 2018, Tremblay a Larocque 2001). Ne všechny studie ale ukazují stejný průběh. Fuxai a kol. (2014) z opadavých listnatých korejských lesů naměřili nejvyšší počet druhů v červnu a poté pozorují pouze pokles, přičemž nejnižší počet druhů zaznamenávají v září. Autoři zde vysvětlují nejvyšší druhovou bohatost v létě doznívající přítomností jarních druhů a zároveň nově se objevujících pozdně letních druhů. V mé práci jarní druhy mizí v květnu a dále nejsou pozorovány. Navíc mezi druhy, které mají vyšší afinitu k letnímu období patří pouze semenáčky dřevin (*Acer pseudoplatanus*, *Acer platanoides*, *Fraxinus excelsior*) a ty se vyskytují i v jarním období. Neobjevují se nově a druhovou bohatost tedy nezvyšují. Nejvyšší druhovou bohatost bylinného patra v létě zaznamenávají i Vymazalová a kol. (2012). Zde autoři vysvětlují letní vrchol diverzity v létě nahrazením jarních druhů vytrvalými druhy, kterých se na dané lokalitě vyskytovalo více a druhovou bohatost tak zvýšily. S tímto jevem se opět nesetkávám. Vytrvalé druhy se ve společenstvu pochopitelně vyskytovaly, nicméně nových druhů se po jarním období objevuje jen minimum.

Zajímavé je si povšimnout nejnižší hodnoty druhové bohatosti, která byla na Děvině pozorována 27. 8. a nikoli na začátku snímkovacího období. To bylo pravděpodobně způsobeno dlouhotrvajícími suchy a vysokými teplotami, které v roce 2018 v letním období panovaly. Dalším faktorem, který se na tomto stavu podílí, je i fakt, že plochy v této práci byly snímkovány od 28. 3., kdy už se objevovaly první jarní druhy, jako například *Gagea lutea* a navyšovaly tak počty druhů. Kdyby bylo snímkování zahájeno dříve, lze předpokládat, že jarní druhy by se ještě nevyskytovaly a druhová bohatost by

byla nižší než 27. 8. Stejný trend druhové bohatosti můžeme pozorovat i u jednotlivých ploch. Některé ale vykazovaly menší proměnlivost než jiné. Nejnižší hodnotu počtu druhů v srpnu uvádí i Murphy a McCarthy (2014), nicméně autoři v sezóně nepřidali již žádná měření a nelze tedy říci, zda by po tomto datu diverzita rostla nebo klesala. Vždy záleží, zda se na lokalitě vyskytují druhy vázány na určité období v sezóně. V lese, kde jsou druhy vázány zhruba rovnoměrně na určitá roční období, přičemž z těchto období některé druhy přesahují do jiného, lze pozorovat nejvyšší druhovou bohatost v létě. Naopak v lese, kde se vyskytuje jen výrazný jarní aspekt a málo druhů vázaných na léto či podzim, i kdyby došlo k přesahu některých jarních druhů do letního období, z důvodu malého množství letních druhů bude i přesto nejvyšší druhová bohatost pravděpodobně pozorována na jaře. Sezónní změny diverzity tedy závisí na typu lesa a celkové druhové bohatosti a druhovém složení.

Podobný vývoj jako druhová bohatost vykazuje i pokryvnost bylinného patra, která vrcholu dosáhla také na jaře (28. 3.). To lze opět vysvětlit přítomností jarních druhů v součinnosti s tím, že se po jarním období objevilo jen malé množství (navíc poměrně vzácných) nových druhů. Hlavní složkou vegetace v letním období byly semenáčky a graminoidy, které příliš vysokých hodnot pokryvnosti nedosahovaly a ani celková letní pokryvnost tedy nemohla vzrůst. Poté opět dochází k poklesu, podobně jako u diverzity do 27. 8. Zde sice dochází k mírnému zvýšení pokryvnosti, nicméně statisticky neprůkaznému. Ve své studii Murphy a McCarthy (2014) ale uvádějí nejvyšší pokryvnost v letním období, přičemž nejvyšší druhovou bohatost zaznamenali na jaře. Lze se domnívat, že se na dané lokalitě vyskytovalo více semenáčků dřevin a více trav, nebo druhů, které dosahovaly vrcholu svého sezónního vývoje v letním období.

5.2. Vliv topografie na sezónní proměnlivost bylinného patra

Studii, ve kterých by autoři sledovali vliv topografie na změny vegetace bylinného patra opadavého lesa ve vegetační sezóně, není velké množství. Navíc jsem nenašel žádnou studii, která by pracovala s hodnotou potenciální přirozené radiace a topografické aspekty svahu (sklon a expozice) jsou studovány jako oddělené proměnné. I přesto, že 1° a 360° jsou velmi rozdílná čísla, expozice je přibližně stejná. Proto je zejména hodnotu expozice potřeba pro analýzu transformovat. Toho lze docílit několika způsoby (McCune a Keon 2002), nicméně v této práci je hodnota expozice přepočítána na výše zmíněnou hodnotu potenciální přirozené radiace.

Výsledky neukázaly průkazný vliv potenciální přirozené radiace na změny diverzity v sezóně. Lze tedy říci, že sezónní proměnlivost druhové bohatosti vegetace je na topografii nezávislá. Naopak výsledky testu vlivu radiace na změny v druhovém složení vyšly průkazně. To ve zjednodušené podobě ukazuje i práce Murphyho a McCarthyho (2014). Autoři uvádějí, že expozice má vliv na druhové složení, ale průběh změn druhové bohatosti v sezóně mezi jihem a severem se neliší. Autoři také potvrzují vliv topografie (sklonu) na změny druhového složení v průběhu sezóny. Small a McCarthy (2002) ale ukazují odlišnost vrcholu druhové bohatosti v závislosti na expozici. Podle autorů je nejvyšší bohatost severního svahu na jaře způsobena přítomností jarních efemerů, naopak nejvyšší bohatost jižního svahu v létě přítomností graminoidů a druhů z čeledi *Asteraceae*. Druhové složení je také ovlivňováno topografií (expozicí), ale test interakce času a expozice neprováděli. Nelze tedy říci, zdali má topografie v jejich práci vliv na sezónní změny. Beatty (1984) sledovala vliv mikrotopografie na druhové složení bylinného patra. Zjistila, že plochy vykazovaly odlišné druhové složení v závislosti na půdním povrchu. Opět ale autorka netestovala vliv topografie na časovou proměnlivost.

5.3. Použité metody

Pro studium změn vegetace v průběhu jedné vegetační sezóny je důležité si stanovit frekvenci snímkování. V případě, že si zvolíme příliš dlouhý interval, můžeme opomenout druhy, které se vyskytují jen krátkodobě (např. terofyty). V této diplomové práci probíhalo snímkování jednou za tři týdny. Ne ve všech studiích ale k takto častému snímkování ploch docházelo, jedná se spíše o ojedinělé případy, jako v případě Tenglerové (2018). V některých studiích autoři snímkují jednou měsíčně (Fuxai a kol. 2014; Vymazalová a kol. 2012), v jiných pouze jednou za dva měsíce (Murphy a McCarthy 2014; Small a McCarthy 2002; Vymazalová a kol. 2014). Frekvenci snímkování nicméně nelze zobecnit, vždy záleží, jaká je náplň naší studie. V případě, že chceme studovat pouze rozdíly mezi jarem, létem a podzimem, je dvouměsíční perioda jistě dostatečná. Pokud ovšem chceme získat úplnější data o změnách ve druhovém složení, nebo je vegetace v sezóně výrazně proměnlivá, je vhodné frekvenci zvýšit.

Důležitý faktor, který také může ovlivnit výsledky, je začátek snímkovacího období. V některých studiích plochy snímkovali až od dubna (Small a McCarthy 2002), nebo od května (Fuxai a kol. 2014), či dokonce od června (Vymazalová a kol. 2012). To může ovlivnit výsledky. V případě, že snímkovací soubor neobsahuje data z časně jarního

období, nemusí být zachyceny všechny jarní druhy a nejvyšší hodnota druhové bohatosti v sezóně.

Opakované snímkování v dlouhodobém horizontu, při němž se nepoužívají trvale označené plochy, s sebou přináší úskalí v podobě obtížného dohledání původního snímku a následném zkreslení výsledků (Kapfer a kol. 2017). Tento problém se u trvale označených ploch, využívaných pro sledování sezónních změn vegetace, nevyskytuje. Nicméně jednu náležitost je při sledování sezónní dynamiky potřeba dodržovat. Z důvodu, že odhady stupňů početnosti a pokryvnosti dle Braun-Blanqueta jsou do jisté míry subjektivní, je zde kladen velký důraz na to, aby sběr vegetačních dat prováděl jeden pracovník. V opačném případě může dojít ke zkreslení výsledků (Lepš a Hadincová 1992).

6. Závěr

Diplomová práce si dávala za cíl zlepšit povědomí o sezónních změnách bylinného podrostu opadavého lesa. V průběhu sezóny bylo celkem získáno 550 vegetačních snímků, které byly následně podrobeny analýzám a byly hledány odpovědi na otázky stanovené v úvodu. K vyhodnocení změn diverzity byla použita metoda ANOVA pro opakovaná měření. Druhové složení bylo analyzováno pomocí mnohorozměrných metod DCA a CCA.

Bylo zjištěno, že vegetace se v průběhu sezóny průkazně mění, přičemž vrchol druhové bohatosti byl pozorován 19. dubna. Naopak nejnižší počet druhů byl zaznamenán 27. srpna. Tento vývoj platil pro celé společenstvo i pro jednotlivé plochy. Druhové složení jarních ploch se lišilo od letních a podzimních. Hlavním důvodem byla přítomnost jarních druhů a téměř žádných druhů vázaných na léto či podzim.

Testování vlivu topografie na změny druhové bohatosti vyšlo neprůkazně, naproti tomu sezónní variabilita v druhovém složení je topografií ovlivňována. ($p < 0,05$).

Druhová bohatost dřevinné složky i graminoidů nedoznávala v průběhu sezóny velkých změn. Zatímco u dřevinné složky došlo k jedné průkazné změně ($p < 0,05$) diverzity v sezóně, u graminoidů k takové změně nedošlo vůbec. Ani druhové složení se neměnilo a u obou skupin se celou sezónu vyskytovaly stejné druhy. Naopak druhová bohatost jarních druhů vykazovala větší proměnlivost s vrcholem 19. dubna. Poslední jarní druhy se na plochách objevily 30. května.

7. Literatura

- Abe, S., Masaki, T. a Nakashizuka, T. 1995. Factors influencing sapling composition in canopy gaps of a temperate deciduous forest. *Vegetatio* 120, 21–32.
- Andersson, T. 1997. Seasonal dynamics of biomass and nutrients in *Hepatica nobilis*. *Flora* 192, 185–195.
- Augspurger, C. K. a Salk, F. C. 2017. Constraints of cold and shade on the phenology of spring ephemeral herb species. *Journal of Ecology* 105, 246–254.
- Beatty, S. W. 1984. Influence of Microtopography and Canopy Species on Spatial Patterns of Forest Understory Plants. *Ecology* 65(5), 1406–1419.
- Bennie, J., Hill, O. M., Baxter, R. a Huntley, B. 2006. Influence of slope and aspect on long-term vegetation change in British chalk grasslands. *Journal of Ecology* 94, 355–368.
- Burke, C. I., Lauenroth, K. W., Riggle, R., Brannen, P., Madigan, B. a Beard, S. 1999. Spatial Variability of Soil Properties in the Shortgrass Steppe: The Relative Importance of Topography, Grazing, Microsite, and Plant Species in Controlling Spatial Patterns. *Ecosystems* 2, 422–438.
- Cantón, Y., Del Barrio, G., Solé-Benet, A. a Lázaro, R. 2004. Topographic controls on the spatial distribution of ground cover in the Tabernas badlands of SE Spain. *Catena* 55, 341–365.
- Carmel, Y. a Kadmon, R. 1999. Effects of grazing and topography on long-term vegetation changes in a Mediterranean ecosystem in Israel. *Plant Ecology* 145, 243–254.
- Carrión, S. J., Gómez, S. P., Mota, F. J., Yll, R. a Chaín, C. 2003. Holocene vegetation dynamics, fire and grazing in the Sierra de Gádor, southern Spain. *The Holocene* 13, 839–849.
- Dai, N., Kenji, S. a Akiko, S. 2002. Seedling establishment of deciduous trees in various topographic positions. *Journal of Vegetation Science* 13, 35–44.

- Davison, E. S. a Forman, T. T. R. 1982. Herb and shrub dynamics in a mature oak forest: a thirty-year study. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 109, 64–73.
- Elliot, J. K., Vose, M. J. a Swank T. W. 1999. Long-term patterns in vegetation-site relationships in a southern Appalachian forest. *Journal of the Torrey Botanical Society* 126(4), 320–334.
- Ferreira, G. L., Yoshioka, H., Huete, A. a Sano, E. E. 2003. Seasonal landscape and spectral vegetation index dynamics in the Brazilian Cerrado: An analysis within the Large-Scale Biosphere–Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA). *Remote sensing of Environment* 87, 534–550.
- Fu, J. B., Liu, L. S., Ma, M. K. a Zhu, G. Y. Relationships between soil characteristics, topography and plant diversity in a heterogeneous deciduous broad-leaved forest near Beijing, China. *Plant and Soil* 261, 47–54.
- Fuxai, X., Fousseni, F., Chungang, P., Huaijiang, H. a Xiuhai, Z. 2014. Effect of overstory on the seasonal variability of understory herbs in primary broad-leaved Korean pine forest of Changbai Mountain. *African Journal of Biotechnology* 13(11), 1223–1230.
- Gilliam, S. F. 1993. Herbaceous layer cover and biomass in a young versus a mature stand of central Appalachian hardwood forest. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 120(4), 445–450.
- Gilliam, S. F. 2007. The Ecological Significance of the Herbaceous Layer in Temperate Forest Ecosystems. *BioScience* 57(10), 845–858.
- Gilliam, S. F., Turril, L. N. a Adams, B. M. 1995. Herbaceous-layer and overstory species in clear-cut and mature central Appalachian hardwood forests. *Ecological Applications* 5(4), 947–955.
- Hart, S. a Chen, H. Y. 2006. Understory Vegetation Dynamics of North American Boreal Forests. *Critical Reviews in Plant Sciences* 4(25), 381–397.

Hédl, R. 2004. Vegetation of beech forests in the Rychlebské Mountains, Czech Republic, re-inspected after 60 years with assessment of environmental changes. *Plant Ecology* 170, 243–265.

Hédl, R. 2005. *Srovnání stavu lesních ekosystémů NPR Děvín po 50 letech přirozené sukcese*. Doktorská disertační práce, MZLU, Brno.

Hédl, R. a Szabó, P. 2009. Děvínské lesy od středověku do současnosti. *Živa* 57(3), 103–106.

Herben, T. a Münzbergová, Z. 2003. *Zpracování geobotanických dat v příkladech: Část I. Data o druhovém složení*. Skripta, Katedra botaniky, Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze, 118 s. Praha.

Hutchinson, F. D., Boerner, E. R., Sutherland, S., Sutherland, K. E., Ortt, M. a Iverson, R. L. 2005. Prescribed fire effects on the herbaceous layer of mixed-oak forests. *Canadian Journal of Forest Research* 35(4), 877–890.

Chen, S. Z., Hsieh, F. Ch., Jiang, Y. F., Hsieh, H. T. a Sun, F. I. Relations of soil properties to topography and vegetation in a subtropical rain forest in southern Taiwan. *Plant Ecology* 132, 229–241.

Chlupáč, I., Brzobohatý, R., Kovanda, J. a Stráník, Z. 2011. *Geologická minulost České republiky*. Academia, 436 s. Praha.

Chytrý, M. (ed.) 2013. *Vegetace České republiky (4. díl): Lesní a křovinná vegetace*. Academia, 551s. Praha.

Kapfer, J., Hédl, R., Jurasinski, G., Kopecký, M., Schei, H. F. a Grytnes, A. J. 2017. *Applied Vegetation Science* 20, 164–171.

Kohler, F., Gillet, F., Progin, A. M., Gobat, M. J. a Buttler, A. 2004. Seasonal dynamics of plant species at fine scale in wooded pastures. *Community Ecology* 5(1), 7–17.

Kramer, K., Leinonen, I. a Loustau, D. 2000. The importance of phenology for the evaluation of impact of climate change on growth of boreal, temperate and

Mediterranean forests ecosystems: an overview. *International Journal of Biometeorology* 44, 67–75.

Lepš, J. a Hadincová, V. 1992. How reliable are our vegetation analyses? *Journal of Vegetation Science* 3, 119–124.

Lepš, J. a Šmilauer, P. 2000. *Mnohorozměrná analýza ekologických dat*. Biologická fakulta Jihočeské univerzity, 102 s. České Budějovice.

Lepš, J. a Šmilauer, P. 2016. *Biostatistika*. Episteme, 440 s. České Budějovice.

Ložek, V. 2011. *Po stopách pravěkých dějů*. Dokořán, 183 s. Praha.

McCune, B. a Keon, D. 2002. Equations for potential annual direct incident radiation and heat load. *Journal of Vegetation Science* 13, 603–606.

Meerveld, J. H. a McDonnell, J. J. 2006. On the interrelations between topography, soil depth, soil moisture, transpiration rates and species distribution at the hillslope scale. *Advances in Water Resources* 29, 293–310.

Mölder, A., Bernhardt-Romermann, M. a Schmidt, W. 2008. Herb-layer diversity in deciduous forests: Raised by tree richness or beaten by beech? *Forest Ecology and Management* 256, 272–281.

Mölder, A., Bernhardt-Römermann, M. a Schmidt, W. 2008. Herb-layer diversity in deciduous forests: Raised by tree richness or beaten by beech? *Forest Ecology and Management* 256, 272–281.

Moravec, J. 1994. *Fytocenologie*. Academia, 404 s. Praha.

Murphy, J. S. a McCarthy, C. B. 2014. Temporal change in the herbaceous understory community of an old-growth forest: from seasons to decades. *Plant Ecology* 215, 221–232.

Neufeld, S. H. a Young, R. D. 2014. Ecophysiology of the Herbaceous Layer in Temperate Deciduous Forests. In: Gilliam, F. S. (ed.) *The Herbaceous Layer in Forests of Eastern North America*. Oxford University Press, 658 s. New York.

- Pokorný, P. 2011. *Neklidné časy*. Dokořán, 370 s. Praha.
- Rautiainen, M., Mottus, M., Heiskanen, J., Akujarvi, A., Majasalmi, T. a Stenberg, P. 2011. Seasonal reflectance dynamics of common understory types in a northern European boreal forest. *Remote sensing of Environment* 115, 3020–3028.
- Reed, N. D., Anderson, M. T., Dempewolf, J., Metzger, K. a Serneels, S. 2009. The spatial distribution of vegetation types in the Serengeti ecosystem: the influence of rainfall and topographic relief on vegetation patch characteristics. *Journal of Biogeography* 36, 770–782.
- Royo, A. A., Collins, R., Adams, B. M., Kirschbaum, Ch. a Carson, P. W. 2010. Pervasive interactions between ungulate browsers and disturbance regimes promote temperate forest herbaceous diversity. *Ecology* 91, 93–105.
- Sabatini, F., Jiméenez-Alfaro, B., Burrascano, S. a Blasi, C. 2014. Drivers of herb-layer species diversity in two unmanaged temperate forests in northern Spain. *Community Ecology* 15(2), 147–157.
- Seibert, J., Stendahl, J. a Sørensen, R. 2007. Topographical influences on soil properties in boreal forests. *Geoderma* 141, 139–148.
- Schemske, W. D., Willson, F. M., Melanpy, N. M., Miller, J. L., Verner, L., Schemske, M. K. a Best, B. L. 1978. Flowering ecology of some spring woodland herbs. *Ecology* 59(2), 351–366.
- Slavíková, J. 1986. *Ekologie rostlin*. Státní pedagogické nakladatelství, 368 s. Praha.
- Small, J. Ch. a McCarthy, C. B. 2002. Spatial and temporal variability of herbaceous vegetation in an eastern deciduous forest. *Plant Ecology* 164, 37–48.
- Šmilauer, P. a Lepš, J. 2014. *Multivariate Analysis of Ecological Data using Canoco 5*. Cambridge University Press, 362 s. Cambridge.
- Taverna, K., Peet, K. R. a Phillips, C. L. 2005. Long-term change in ground-layer vegetation of deciduous forests of the North Carolina Piedmont, USA. *Journal of Ecology* 93, 202–213.

- Taylor, J. R. a Pearcy, W. R. 1976. Seasonal patterns of the CO₂ exchange characteristics of understory plants from a deciduous forest. *Canadian Journal of Botany* 54(10), 1094–1103.
- Tenglerová, M. 2018. *Sezónní dynamika podrostu temperátního lesa*. Diplomová práce, Katedra botaniky, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, 103 s. Olomouc.
- Tremblay, O. N. a Larocque, R. G. 2001. Seasonal dynamics of understory vegetation in four eastern canadian forest types. *International Journal of Plant Sciences* 162(2), 271–286.
- Van der Maarel, E. 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio* 39, 97–114.
- Vockenhuber, E., Scherber, Ch., Langenbruch, Ch. a Meissner, M. 2011. Tree diversity and environmental context predict herb species richness and cover in Germany's largest connected deciduous forest. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 13(2), 111–119.
- Vymazalová, M., Axmanová, I. a Tichý, L. 2012. Effect of intra-seasonal variability on vegetation data. *Journal of Ecology* 23, 978–984.
- Vymazalová, M., Tichý, L. a Axmanová, I. 2014. How does vegetation sampling in different parts of the growing season influence classification results and analyses of beta diversity? *Applied Vegetation Science* 17, 556–566.
- Xuanlong, M., Huete, A., Yu, Q., Coupe, R. N., Davies, K., Broich., M., Ratana, P., Beringer, J., Hutley, B. J., Cleverly, J., Boulain, N. a Eamus, D. 2013. Spatial patterns and temporal dynamics in savanna vegetation phenology across the North Australian Tropical Transect. *Remote Sensing of Environment* 139, 97–115.
- Yimer, F., Ledin, S. a Abdelkadir, A. 2006. Soil property variations in relation to topographic aspect and vegetation community in the south-eastern highlands of Ethiopia. *Forest Ecology and Management* 232, 90–99.

Yu, M. Sun, J. O. 2013. Effects of forest patch type and site on herb-layer vegetation in a temperate forest ecosystem. *Forest Ecology and Management* 300, 14–20.

Internetové zdroje

AOPK: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky [online]. [cit. 28. 3. 2019]. Dostupné z: <http://palava.ochranaprirody.cz>

8. Seznam tabulek, obrázků a zkratk

Obrázek 1: Zobrazení oblasti experimentu na mapě.....	15
Obrázek 2: Zobrazení snímkovacího designu.....	18
Obrázek 3: Umístění ploch tvořících transekt přes hřeben Děvína.....	18
Obrázek 4: Schematický průřez hřebenem Děvína s vyznačením umístění ploch podél transektu.....	19
Obrázek 5: Vývoj druhové bohatosti během vegetační sezóny.....	22
Obrázek 6: Vývoj druhové bohatosti během vegetační sezóny pro jednotlivé plochy...24	
Obrázek 7: Vývoj druhové bohatosti bylinné a dřevinné složky.....	25
Obrázek 8: Vývoj druhové bohatosti jarních a ostatních druhů.....	27
Obrázek 9: Vývoj druhové bohatosti graminoidů a širokolistých bylin.....	28
Obrázek 10: Vývoj pokryvnosti v průběhu vegetační sezóny.....	30
Obrázek 11: Analýza DCA.....	32
Obrázek 12: Variabilita ve druhovém složení pod vlivem času.....	33
Obrázek 13: Variabilita ve druhovém složení pod vlivem radiace.....	34
Obrázek 14: Variabilita ve druhovém složení pod vlivem času a radiace.....	35
Obrázek 15: Rozklad variance.....	37
Tabulka 1: Souřadnice ploch.....	17
Tabulka 2: Zobrazení gradientu podle potenciální přirozené radiace.....	19
Tabulka 3: Výsledky Tukeyho testu mnohonásobného porovnání po sobě jdoucích měření celého společenstva.....	23
Tabulka 4: Testová statistika ANOVA pro opakovaná měření jednotlivých ploch.....	23
Tabulka 5: Výsledky Tukeyho testu mnohonásobného porovnání za sebou jdoucích měření ukazující změny druhové bohatosti bylinné a dřevinné složky.....	26
Tabulka 6: Výsledky Tukeyho testu mnohonásobného porovnání za sebou jdoucích měření ukazující změny druhové bohatosti jarních a ostatních druhů.....	27
Tabulka 7: Výsledky Tukeyho testu mnohonásobného porovnání za sebou jdoucích měření ukazující změny druhové bohatosti graminoidů a širokolistých bylin.....	29
Tabulka 8: Tukeyho test mnohonásobného porovnání po sobě jdoucích měření celého společenstva pro pokryvnost.....	30
Tabulka 9: Synoptická tabulka vyjadřující změny frekvence druhů ve snímcích v průběhu vegetační sezóny.....	36
Tabulka 10: Shrnutí výsledků testových statistik analýzy CCA.....	37

Použité zkratky

AcerCamp – *Acer campestre*
AcerPlat – *Acer platanoides*
AcerPseu – *Acer pseudoplatanus*
AconLyco – *Aconitum lycoctonum*
AdoxMosc – *Adoxa moschatellina*
AlliPeti – *Alliaria petiolata*
AlliRotn – *Allium rotundum*
AnemRanu – *Anemone ranunculoides*
AnthCerf – *Anthriscus cerefolium*
ArumCyln – *Arum cylindraceum*
AsarEurp – *Asarum europaeum*
BracSylv – *Brachypodium sylvaticum*
BromBenk – *Bromus benekeni*
CampRapn – *Campanula rapunculoides*
CarpBetl – *Carpinus betulus*
CarxDigt – *Carex digitata*
CordCava – *Corydalis cava*
CordPuml – *Corydalis pumila*
CordSpec – *Corydalis* sp.
DactPolg – *Dactylis polygama*
DentBulb – *Dentaria bulbifera*
DentEnne – *Dentaria enneaphyllos*
FalDumt – *Fallopium dumetorum*
FicrBulb – *Ficaria bulbifera*
FraxExcl – *Fraxinus excelsior*
GageLut – *Gagea lutea*
GaleMont – *Galeobdolon montanum*
GaliApar – *Galium aparine*
GalnNivl – *Galanthus nivalis*
GalOdor – *Galium odoratum*
GeumUrbn – *Geum urbanum*
GleHirs – *Glechoma hirsuta*
HeptNobl – *Hepatica nobilis*

LamMacl – *Lamium maculatum*
LathVern – *Lathyrus vernus*
MelcUnif – *Melica uniflora*
MercPern – *Mercurialis perennis*
PolgMult – *Polygonatum multiflorum*
SancEurp – *Sanicula europaea*
UlmGlab – *Ulmus glabra*
VernSubl – *Veronica sublobata*
VincHirn – *Vincetoxicum hirundinaria*
ViolOdor – *Viola odorata*
ViolReich – *Viola reichenbachiana*

9. Přílohy

Příloha I: Popis vegetačních dat

V průběhu vegetační sezóny bylo celkově zaznamenáno 550 vegetačních snímků, na nichž bylo nalezeno 54 taxonů vyšších rostlin, přičemž všechny taxony nebyly určeny do druhu z důvodu nedostatečného množství poznávacích znaků v době snímkování (*Corydalis* sp., *Vicia* sp., *Prunus* sp., *Anthriscus* sp.). Nejvíce druhů bylo nalezeno na ploše F (26). Shodný počet druhů (24) se vyskytoval na plochách D, G a I. Naopak nejméně druhů bylo nalezeno na plochách B (15 druhů) a C (11 druhů). Počet druhů v sezóně kolísal od 25 do 48. Mezi druhy, které se vyskytovaly na všech plochách lze zařadit pouze druh *Gagea lutea*. Velmi častými druhy byly také *Anemone ranunculoides*, *Corydalis cava*, *Geum urbanum* a *Veronica sublobata*. Ze semenáčků dřevin byl nejhojnější *Fraxinus excelsior*. Pouze na jedné ploše se vyskytovaly druhy *Impatiens parviflora*, *Stellaria media*, *Geranium robertianum*, *Heracleum sphondylium*, *Sanicula europaea*, *Carex digitata*, *Lathyrus vernus*, *Omphalodes scorpioides*, *Dactylis polygama* a *Brachypodium sylvaticum*.

Příloha II: Tabulka s hodnotami topografických proměnných

	Číslo plochy									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sklon	16°	8°	21°	24°	29°	21°	28°	21°	28°	3°
Expozice	342°	315°	320°	300°	313°	105°	145°	70°	115°	75°

Příloha III: Výpočet hodnoty potenciální přirozené radiace

Potenciální přirozená radiace dle McCune a Keon (2002) = $0,339 + 0,808 * \cos(\text{Latitude rad}) * \cos(\text{Slope rad}) - 0,196 * \sin(\text{Latitude rad}) * \sin(\text{Slope rad}) - 0,482 * \cos(\text{Aspect rad}) * \sin(\text{Slope rad})$

Datum snímkování 30. 5. 2018	Číslo plochy																																																																															
	1					2					3					4					5					6					7					8					9					10																																		
	Číslo podplochy																																																																															
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5																														
<i>Acer pseudoplatanus</i>	+	r	1	1	1	1	r	1	1	1	.	r	.	r	.	r	r	r	.	+																														
<i>Asarum europaeum</i>	1	1	1	1	2	+	1	2	1	2	.	1	r	2	r	1	.	1	3	.																														
<i>Corydalis cava</i>	r	r	+	+	r	r	+	r	r	+	.	r	+	.	.															
<i>Dactylis polygama</i>	1	.	.	r																									
<i>Fraxinus excelsior</i>	r	r	.	.	1	r	r	1	1	1	r	r	1	r	1	r	.	1	r	.	.															
<i>Galeobdolon montanum</i>	1	.	1	r																									
<i>Galium odoratum</i>	1	.	1	1	.	2	3	3	2	2	1	r	2	r	r	1	1	.	.	+																									
<i>Geum urbanum</i>	1	r	r	1	r	1	.	r	.	.	.	2	2	1	1															
<i>Lilium martagon</i>	1																									
<i>Melica uniflora</i>	r	.	.	r	1	.	.	r	1	+	1	1	1	2	2	+	2	1	+	1															
<i>Ulmus glabra</i>	1	.	.	1	.	1	r	+	.	r	.	.	.	1	r	r	2	1	.	.	.	1	r	1
<i>Viola reichenbachiana</i>	+	1	+	1	+	1	+	+	+																				
<i>Dentaria bulbifera</i>	.	r	.	r	+	.	r	r	r	.	r	r	.	r																									
<i>Campanula rapunculoides</i>	.	.	2	.	.	1	2	+	+	2	+	r	r	1	+	r	.	.	.					
<i>Hepatica nobilis</i>	.	.	r	r	.	+	+	1	+	+																									
<i>Carpinus betulus</i>	.	.	.	r	.	r	.	.	r																														
<i>Acer campestre</i>	1	r	+	r	r	.	.	.	r	1	.	r	.	.	1	1	2	2	2									
<i>Mercurialis perennis</i>	+	.	+	+	.	1																									
<i>Aconitum lycoctonum</i>	1	3	1	1	3	4	3	3	4	4	5	4	4	4	4	.	2	2	3	1																														
<i>Brachypodium sylvaticum</i>																																			
<i>Bromus benekenii</i>	+	.	.	r																																				
<i>Carex digitata</i>	r																																				
<i>Sanicula europaea</i>	+	r																																				
<i>Anemone ranunculoides</i>	+	.	+																																				
<i>Polygonatum multiflorum</i>	r	.	r	1																																				
<i>Arum cylindraceum</i>						
<i>Lathyrus vernus</i>																															
<i>Tilia platyphyllos</i>											
<i>Acer platanoides</i>	

Datum snímkování 27. 8. 2018	Číslo plochy																																																	
	1					2					3					4					5					6					7					8					9					10				
	Číslo podplochy																																																	
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<i>Acer pseudoplatanus</i>	+	+	+	1	+	1	1	1	1	1	.	r	.	r	.	r	r	r	r	r	r	r
<i>Asarum europaeum</i>	1	1	+	1	1	.	+	+	+	+	.	1	.	1
<i>Dactylis polygama</i>	1	.	.	+
<i>Fraxinus excelsior</i>	r	.	r	.	.	1	r	1	1	2
<i>Galeobdolon montanum</i>	+	.	+	r	r
<i>Galium odoratum</i>	1	.	1	1	+	2	2	2	1	1	1	r	1	.	r
<i>Geum urbanum</i>	r	1	r
<i>Melica uniflora</i>	r	.	r	r	+	.	.	r	1	+
<i>Ulmus glabra</i>	1	.	.	1	.	+	+	r	.	1	.	.	1
<i>Viola reichenbachiana</i>	+	+	+	+	+	1	+	1	+	r
<i>Hepatica nobilis</i>	.	.	r	.	.	r	r	.	+	r
<i>Carpinus betulus</i>	.	.	.	r	.	r	.	.	r
<i>Acer campestre</i>	r
<i>Mercurialis perennis</i>	+	.	r	.	.	1
<i>Bromus benekenii</i>	+	.	r	+
<i>Carex digitata</i>	r
<i>Sanicula europaea</i>	r
<i>Acer platanoides</i>
<i>Lathyrus vernus</i>	r	r
<i>Lamium maculatum</i>
<i>Vincetoxicum hirsutinaria</i>
<i>Fallopia dumetorum</i>
<i>Glechoma hirsuta</i>
<i>Viola odorata</i>
<i>Tilia platyphyllos</i>

Příloha V: Hodnoty environmentálních proměnných (P, K, pH, hodnota nadrostu)

		Číslo plochy									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Obsah P (mg/kg)									
Číslo podplochy	1	7.4	7.8	3.9	4.8	21.1	7.1	24.4	13.2	167.7	67.9
	2	10.3	5.8	28.4	4	22.5	14.7	10	22.3	170.6	43.8
	3	18.4	4.3	10.8	4.6	37.6	11.6	6.9	11.9	151.2	88.9
	4	10.6	4.2	5	4.8	26.3	7.8	23.5	8.7	125.2	67.5
	5	8.4	4.2	3.4	10.1	24.1	7.4	6.3	11.8	124.6	71

		Číslo plochy									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Obsah K (mg/kg)									
Číslo podplochy	1	171.1	241.5	204.8	235.6	193.9	195	539.9	233	327.9	245.3
	2	205	248.5	220.6	188.1	211.6	252.7	424.7	281.2	281.7	278.6
	3	230.8	221.9	210.6	213	301	203.3	323.4	185	298.2	308.5
	4	202.5	210.1	202	227.1	267.8	227	451.5	187.3	254.2	238.6
	5	173.9	212.9	184	261.8	206.7	208.5	299.5	227.1	355	206

		Číslo plochy									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Hodnota pH									
Číslo podplochy	1	6.72	7.18	7.42	7.43	7.64	7.51	7.68	7.6	7.51	7.46
	2	7.44	7.03	6.58	7.48	7.6	7.54	7.75	7.62	7.53	7.25
	3	6.79	7.29	7.35	7.51	7.56	7.45	7.74	7.67	7.52	7.14
	4	7.4	7.48	7.42	7.47	7.66	7.36	7.72	7.66	7.56	7.23
	5	6.63	7.48	7.34	7.5	7.62	7.47	7.73	7.62	7.58	6.88

Datum	Číslo plochy									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Hodnota nadrostu									
28.3.2018	0.361	0.317	0.357	0.265	0.244	0.297	0.331	0.302	0.193	0.217
19.4.2018	0.792	0.585	0.484	0.749	0.7	0.608	0.732	0.572	0.672	0.703
12.5.2018	0.919	0.905	0.914	0.885	0.917	0.869	0.926	0.891	0.942	0.902
30.5.2018	0.906	0.927	0.9	0.889	0.9	0.915	0.871	0.886	0.934	0.872
22.6.2018	0.902	0.892	0.894	0.882	0.877	0.855	0.909	0.9	0.908	0.855
16.7.2018	0.911	0.897	0.89	0.877	0.921	0.847	0.924	0.887	0.904	0.869
8.8.2018	0.887	0.841	0.857	0.797	0.881	0.786	0.887	0.83	0.855	0.835
27.8.2018	0.865	0.823	0.844	0.8	0.893	0.632	0.829	0.729	0.81	0.801
19.9.2018	0.856	0.855	0.858	0.841	0.844	0.582	0.853	0.727	0.822	0.756
9.10.2018	0.834	0.81	0.824	0.802	0.848	0.497	0.822	0.676	0.844	0.798
31.10.2018	0.696	0.532	0.578	0.548	0.633	0.326	0.444	0.339	0.527	0.582

Příloha VI: Výsledky Tukeyho testu pro jednotlivé plochy

Plocha 1			Plocha 2		
Datum		p	Datum		p
28.3.2018	19.4.2018	0,000183	28.3.2018	19.4.2018	0,000183
19.4.2018	12.5.2018	0,000938	19.4.2018	12.5.2018	0,987624
12.5.2018	30.5.2018	0,269518	12.5.2018	30.5.2018	0,998763
30.5.2018	22.6.2018	0,999999	30.5.2018	22.6.2018	0,200303
22.6.2018	16.7.2018	0,999999	22.6.2018	16.7.2018	0,943098
16.7.2018	8.8.2018	0,910914	16.7.2018	8.8.2018	0,999967
8.8.2018	27.8.2018	0,999516	8.8.2018	27.8.2018	0,987624
27.8.2018	19.9.2018	0,999516	27.8.2018	19.9.2018	0,987624
19.9.2018	9.10.2018	0,999516	19.9.2018	9.10.2018	1,000000
9.10.2018	31.10.2018	0,999999	9.10.2018	31.10.2018	0,998763
Plocha 3			Plocha 4		
Datum		p	Datum		p
28.3.2018	19.4.2018	0,000186	28.3.2018	19.4.2018	0,017347
19.4.2018	12.5.2018	0,002135	19.4.2018	12.5.2018	0,398802
12.5.2018	30.5.2018	1,000000	12.5.2018	30.5.2018	0,996236
30.5.2018	22.6.2018	0,995398	30.5.2018	22.6.2018	1,000000
22.6.2018	16.7.2018	1,000000	22.6.2018	16.7.2018	0,999992
16.7.2018	8.8.2018	0,995398	16.7.2018	8.8.2018	0,93228
8.8.2018	27.8.2018	0,675914	8.8.2018	27.8.2018	0,706863
27.8.2018	19.9.2018	0,858558	27.8.2018	19.9.2018	0,398802
19.9.2018	9.10.2018	1,000000	19.9.2018	9.10.2018	0,999992
9.10.2018	31.10.2018	1,000000	9.10.2018	31.10.2018	0,398802
Plocha 5			Plocha 6		
Datum		p	Datum		p
28.3.2018	19.4.2018	0,000242	28.3.2018	19.4.2018	0,000183
19.4.2018	12.5.2018	0,053204	19.4.2018	12.5.2018	0,203251
12.5.2018	30.5.2018	0,266297	12.5.2018	30.5.2018	0,106844
30.5.2018	22.6.2018	0,266297	30.5.2018	22.6.2018	0,000407
22.6.2018	16.7.2018	0,999999	22.6.2018	16.7.2018	0,999915
16.7.2018	8.8.2018	0,909589	16.7.2018	8.8.2018	1,000000
8.8.2018	27.8.2018	0,909589	8.8.2018	27.8.2018	0,999915
27.8.2018	19.9.2018	0,020315	27.8.2018	19.9.2018	0,023661
19.9.2018	9.10.2018	0,999999	19.9.2018	9.10.2018	0,895621
9.10.2018	31.10.2018	0,999505	9.10.2018	31.10.2018	1,000000

Plocha 7			Plocha 8		
Datum		p	Datum		p
28.3.2018	19.4.2018	0,000186	28.3.2018	19.4.2018	0,000205
19.4.2018	12.5.2018	0,249444	19.4.2018	12.5.2018	0,072798
12.5.2018	30.5.2018	1,000000	12.5.2018	30.5.2018	0,602944
30.5.2018	22.6.2018	0,980493	30.5.2018	22.6.2018	0,980822
22.6.2018	16.7.2018	1,000000	22.6.2018	16.7.2018	1,000000
16.7.2018	8.8.2018	0,997915	16.7.2018	8.8.2018	1,000000
8.8.2018	27.8.2018	0,784435	8.8.2018	27.8.2018	1,000000
27.8.2018	19.9.2018	0,249444	27.8.2018	19.9.2018	0,997956
19.9.2018	9.10.2018	0,997915	19.9.2018	9.10.2018	0,997956
9.10.2018	31.10.2018	0,999941	9.10.2018	31.10.2018	0,999942
Plocha 9			Plocha 10		
Datum		p	Datum		p
28.3.2018	19.4.2018	0,000347	28.3.2018	19.4.2018	0,000183
19.4.2018	12.5.2018	0,338439	19.4.2018	12.5.2018	0,012112
12.5.2018	30.5.2018	0,934648	12.5.2018	30.5.2018	0,052831
30.5.2018	22.6.2018	0,000716	30.5.2018	22.6.2018	0,012112
22.6.2018	16.7.2018	1,000000	22.6.2018	16.7.2018	1,000000
16.7.2018	8.8.2018	1,000000	16.7.2018	8.8.2018	1,000000
8.8.2018	27.8.2018	0,559474	8.8.2018	27.8.2018	0,938111
27.8.2018	19.9.2018	0,004958	27.8.2018	19.9.2018	0,938111
19.9.2018	9.10.2018	1,000000	19.9.2018	9.10.2018	0,998613
9.10.2018	31.10.2018	0,999694	9.10.2018	31.10.2018	0,999962