



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie

Vliv hrabání listového opadu na druhovou diverzitu rostlin ve světlých doubravách

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Douša, Ph.D.

Autor bakalářské práce: Lucie Mynářová

Praha 2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lucie Mynářová

Environmentální vědy

Aplikovaná ekologie

Název práce

Vliv hrabání listového opadu na druhovou diverzitu rostlin ve světlých doubravách

Název anglicky

The effect of litter raking on plant species diversity in open oak forests

Cíle práce

Cílem práce je zhodnotit vliv hrabání listového opadu na druhovou diverzitu a složení bylinného patra světlých doubrav. Dále bude také analyzován vliv světelných podmínek na zaznamenané vegetační změny.

Metodika

V práci budou vyhodnocena data z dlouhodobého hrabacího experimentu získaná od roku 2010 a dat se-sbíraných v roce 2020. Pro porovnání světelných podmínek bude v průběhu roku 2020 vyfocen stromový zápoj. Statisticky budou porovnány změny ve vegetaci mezi hrabanými plochami a kontrolními plochami ponechanými bez zásahu. Bude také vyhodnoceno do jaké míry prosvětlení korun porostu ovlivňuje efekt hrabání na bylinnou vegetaci.

Doporučený rozsah práce

40-60 stran

Klíčová slova

doubrava, ochrana přírody, Český kras, tradiční formy využití lesa

Doporučené zdroje informací

- Bürgi, M., Gimmi, U., & Stuber, M. (2013). Assessing traditional knowledge on forest uses to understand forest ecosystem dynamics. *Forest Ecology and Management*, 289, 115-122.
- Douda, J., Boublík, K., Doudová, J., & Kyncl, M. (2017). Traditional forest management practices stop forest succession and bring back rare plant species. *Journal of Applied Ecology*, 54(3), 761-771.
- Dzwonko, Z., & Gawroński, S. (2002). Effect of litter removal on species richness and acidification of a mixed oak-pine woodland. *Biological Conservation*, 106(3), 389-398.
- Vild, O., Kalwij, J. M., & Hédli, R. (2015). Effects of simulated historical tree litter raking on the understorey vegetation in a central European forest. *Applied vegetation science*, 18(4), 569-578.
- Vild, O., Šipoš, J., Szabó, P., Macek, M., Chudomelová, M., Kopecký, M., ... & Hédli, R. (2018). Legacy of historical litter raking in temperate forest plant communities. *Journal of Vegetation Science*, 29(4), 596-606.
-

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jan Douda, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Elektronicky schváleno dne 12. 3. 2021

prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 12. 3. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 19. 03. 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Vliv hrabání listového opadu na druhovou diverzitu rostlin ve světlých doubravách** vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila, které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, 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 vědoma, 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 práce)

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Janu Doudovi, Ph.D. za pomoc při zpracování dat, také za mnoho přínosných rad při psaní bakalářské práce. Chtěla bych také poděkovat konzultantu Ing. Karlu Boublíkovi, Ph.D. za trpělivost a pomoc při sběru dat. Dále všem kamarádům, rodině a příteli, protože mě celou dobu studia podporovali.

Abstrakt

Cílem mé bakalářské práce je především analyzovat vliv hrabání listového opadu na diverzitu rostlin ve světlých doubravách. Druhým cílem je zjistit, jaký vliv mají světelné podmínky v těchto porostech a zda existuje interakce mezi světelnými podmínkami a hrabáním listového opadu, která by měla vliv na diverzitu rostlin. K analýze hrabání listového opadu byla použita data z dlouhodobého experimentu, který se provádí na vrchu Vysoká Stráž v CHKO Český kras. Experiment probíhal v letech 2010 až 2020 na 32 plochách rozdělených na několik menších ploch. Tento experiment probíhal ve dvou částech. V první části mezi lety 2010 až 2014 byl sledován kromě vlivu hrabání listového opadu i vliv kosení a kombinace kosení a hrabání. V druhé části mezi lety 2017 až 2020 už probíhal experiment věnující se pouze vlivu hrabání. Data z fytoocenologických snímků pořízených během experimentu byla analyzována smíšenými lineárními modely a ordinační analýza. Obě analýzy prokázaly, že hrabání listového opadu má vliv na diverzitu rostlin ve světlých doubravách. Při zkoumání vlivu světelných podmínek byly pořízeny nad zkoumanými plochami hemisférické fotografie korunového zápoje, které byly následně upravovány a vyhodnocovány v programu Gap Light Analyzer. Výsledná data byla analyzována zobecněnými lineárními modely, které prokázaly, že světelné podmínky nemají vliv na druhové složení vegetace v lesním podrostu. Také prokázaly, že neexistuje významná interakce mezi hrabáním a světelnými podmínkami. To, že nemají světelné podmínky vliv na diverzitu rostlin ve světlých doubravách je pravděpodobně způsobeno vysokou mírou prosvětlenosti korunového zápoje.

Klíčová slova: doubrava, ochrana přírody, Český kras, tradiční formy využití lesa

Abstract

The aim of my bachelor's thesis is primarily to analyze the effect of litter raking on plant diversity in light oak groves. The second goal is to determine the effect of light conditions in these stands and whether there are interactions between light conditions and litter raking, which should affect the diversity of plants. Data from a long-term experiment, which takes place on the Vysoká Stráň hill in the CHKO Český kras, were used for the analysis of leaf litter. The experiment took place in the years 2010 to 2020 on 32 areas divided into several smaller areas. This experiment took place in two parts. In the first part, between 2010 and 2014, in addition to the effect of litter raking, the effect of grass cutting and the combination of grass cutting and litter raking was monitored. In the second part, between 2017 and 2020, an experiment was conducted devoted only to the influence of litter raking. Data from phytocenological images taken during the experiment were analyzed by mixed linear models and ordination analysis. Both analyzes have shown that raking of leaf litter affects the diversity of plants in the world's oak groves. During the investigation of the influence of light conditions, hemispherical photographs of crown inflammation were taken and examined with surfaces, which were subsequently adjusted and evaluated in the Gap Light Analyzer program. The resulting data were analyzed by generalized linear models, which showed that light conditions have no significant effect on the species composition of vegetation in the forest undergrowth. They also showed that there is no significant interaction between raking and light conditions. The fact that there are no lighting conditions affecting the diversity of plants in light oak forests is possible due to the high degree of brightness of the canopy.

Key words: oak forest, nature protection, Bohemian Karst, traditional forms of forest use

Obsah

1.	Úvod a cíl práce	9
1.1	Úvod.....	9
1.2	Cíl práce	10
2.	Literární rešerše	11
2.1	Světlé lesy	11
2.2	Vliv podmínek a heterogenity prostředí na druhové složení vegetace ...	14
2.2	Vliv světelných podmínek.....	15
2.3	Způsoby využití lesních ekosystémů	17
2.3.1	Nízký les	17
2.3.2	Střední les	18
2.3.3	Vysoký les.....	19
2.4	Management.....	20
2.4.1	Lesní pastva	20
2.4.2	Kosení	21
2.4.3	Hrabání lesního opadu	21
3.	Metodika práce	24
3.1	Popis lokality.....	24
3.1.1	Lokalizace	24
3.1.2	Historie lokality	24
3.1.3	Geologie a pedologie daného území.....	26
3.1.4	Biogeografie.....	27
3.1.5	Klimatické podmínky	27
3.1.6	Vegetace.....	28
3.2	Metodika	29
4.	Výsledky	32
4.1	Statistické výpočty	32
4.2	Floristické nálezy	36
5.	Diskuze	37
5.1	Hodnocení vlivu hrabání na diverzitu rostlin.....	37
5.2	Hodnocení vlivu světelných podmínek.....	38
6.	Závěr	40
7.	Literatura.....	41

1. Úvod a cíl práce

1.1 Úvod

Lesy jsou významné pro existenci mnoha organismů včetně společenstev organismů žijících mimo lesní ekosystémy. Podle dominantních dřevin rozlišujeme lesy na jehličnaté, smíšené a listnaté. Tyto druhy se navzájem liší, přesto pro ně platí obecná společná charakteristika. Tedy, že les je rostlinné společenstvo tvořené převážně dřevinami. Toto společenstvo je děleno na stromová patra: patro mechové, bylinné, keřové a stromové. Stromová patra se navzájem ovlivňují, a tak tvoří fungující ekosystém.

Lesy, stejně jako ostatní ekosystémy, byly člověkem poslední tisíce let výrazně pozměňovány. Některé lesy, například v nížinách a teplých oblastech, byly zcela vykáceny. Území, na kterém se nacházely, bylo přeměněno na lidská sídla a pole. Velká část zbylých lesních ekosystémů však byla obhospodařována. Lidé začali kácet stromy a vysazovat nové, tím měnili druhovou a věkovou strukturu lesa. Prováděli i mnoho jiných zásahů, jako je lesní pastva, kosení bylinného patra a hrabání steliva. Tyto lidské činnosti výrazně ovlivňovaly charakter lesních ekosystémů především v posledních staletích, kdy docházelo k intenzivnějšímu využívání lesa. Všem těmto vlivům se postupně přizpůsobila lesní flóra i fauna. Ve 20. století se však od mnoha způsobů původního obhospodařování začalo ustupovat a některé se zcela přestaly uskutečňovat. Les se postupně stal hospodářsky využívaný jen na těžbu dřeva.

Tyto lidskou činností vyvolané disturbance přispívaly k heterogenitě prostředí a tím zvyšovaly biodiverzitu ekosystémů. Poté, co se s obhospodařováním lesů skončilo, je nutné pro zachování vzácných druhů nahradit ho vhodným managementem, který by zajistil potřebnou heterogenitu prostředí. Vhodným managementem se v daném území může působit na abiotické a biotické složky prostředí. V lesních společenstvech je nejdůležitějším abiotickým faktorem světlo. Pro spodní stromová patra může být světelné záření i limitujícím faktorem.

1.2 Cíl práce

V ekologických studiích je jedním ze základních cílů pochopení mechanismů, které ovlivňují množství druhů na stanovištích a jejich distribuci. (Gilbert & Lechowicz, 2004) Tyto mechanismy strukturují ekologická společenstva a jejich zkoumání je zásadní pro stanovení priorit v ochraně přírody a ke správnému managementu daných lokalit (Green & Bohannon, 2006). Heterogenita prostředí je důležitým faktorem ovlivňujícím druhovou bohatost, přičemž čím je větší heterogenita, tím více druhů lze v prostředí nalézt. Na biodiverzitu mají také vliv přírodní procesy probíhající mezi organismy navzájem nebo mezi organismy a prostředím. Tyto procesy mohou být obnoveny a podporovány správnými typy managementu. To je velmi důležité, protože se tak zachová větší počet druhů (Malcom & Hunter, 1999).

Cílem této práce je zhodnotit vliv tradičního hospodaření ve formě hrabání listového opadu na světlou doubravu na Vrchu Vysoká stráň v CHKO Český kras. Konkrétně, zda se tímto vlivem nějak pozmění vegetace v lesním podrostu. Dále byl také zkoumán efekt světla na podrostní vegetaci.

Cíle praktické části bakalářské práce jsou:

- Zhodnotit druhové složení ploch na studované lokalitě.
- Zjistit, jaký vliv má management (hrabání) na druhovou strukturu a bohatost vegetace.
- Zjistit, zda má na druhovou bohatost podrostní vegetace vliv množství světla pomocí pořízených hemisférických fotografií.

2. Literární rešerše

2.1 Světlé lesy

V České republice, stejně jako na většině území Evropy, se krajina skládá z lesa a bezlesí. Bezlesí tvoří pole, intenzivně využívané louky a pastviny. Tyto skupiny jsou prakticky vždy bez přítomnosti dřevin. Naopak les, ať už je hospodářsky využíván nebo přírodě blízký, tak je velice hustý. Přejít mezi lesem a bezlesím je velice vzácný a většinou není pozvolný (Čížek et al. 2016).

V minulosti to tak nebývalo. Les býval mnohem řidší, bylo v něm mnoho pasek a luk. Místy les pozvolně přecházel v bezlesí a zase zpátky bez jasně hranice, kde jeden celek začíná a druhý končí. Právě lesy pozvolně přecházející v bezlesí, které mají dostatek pasek, lesních luk a dalších světlin, označujeme pojmem světlé lesy. V anglické terminologii jsou to open woodland (Čížek et al. 2016).



Obrázek 1: Fotografie světlého řídkého dubového lesa, autor P. Kozel, zdroj: (Čížek et al. 2016)

V současnosti světlé lesy téměř úplně vymizely a nahradily je husté lesy. Z mnoha důvodů se můžeme domnívat, že do 19. století byla většina lesů řídká. Záznamy z archivů na Moravě ukazují, že se zde v nižších a teplejších oblastech

vyskytovaly řídké výmladkové lesy (Szabó 2010, Müllerová et al. 2014). Refugia světlých lesů jsou tvořena především místy, kde abiotické faktory brzdí sukcesi. Dalšími místy, kde se vyskytují, jsou některé obory, vojenské újezdy, aleje, větrolamy i extenzivně využívané sady (Čížek et al. 2016).

Světlé lesy se většinou vyskytují v nížinách a teplých pahorkatinách. Dnes existují čtyři teorie o tom, jak původní světlé lesy vypadaly. První z nich je, že se tento typ lesa vyskytoval na suchých územích, kde se kvůli špatným klimatickým podmínkám nemohl vytvořit hustě zapojený lesní porost. Další teorií je přirozený výskyt rozvolněných lesů, které měly menší hustotu stromů a zároveň jejich koruny nebyly natolik husté, aby výrazně zastíňovaly spodní vegetaci. Byly to většinou porosty s dominancí dubu a s příměsemi habru a buku. Třetí teorie předpokládá, že krajina byla tvořena mozaikou bezlesí a rozvolněných lesů, přičemž sukcese byla potlačována stády velkých býložravců, která se skládala hlavně ze zubrů a praturů. Poslední teorie je, že vznik a vývoj světlého lesa je podmíněn činností člověka. Všechny teorie jsou brány jako smysluplné a navzájem se nevyvracejí. Světlý les tak pravděpodobně vznikl součinností všech faktorů ze čtyř teorií (Hédl et al. 2011/b).

Vývoj těchto lesů byl v dalších stoletích podmíněn činností člověka, který zde hospodařil. Dnes jsou tyto typy obhospodařování označovány jako tradiční. Existovaly dva hlavní druhy využití světlých lesů, a to jako výmladkový les nebo les pastevní (Hédl et al. 2011/a).

Výmladkový les sloužil k produkci palivového dříví. Byl rozdělen na několik částí a ty se postupně mýtily v intervalech 15 až 20 let. Tato krátká doba mezi obmýtím byla ideální pro zachování světlomilné i stínomilné vegetace. V lese jako celku se navíc díky rozdělení na části nacházela různá prostředí z hlediska množství a distribuce světla. Mohou se zde nacházet druhy, pro něž je ideální, když mají nejvíce světla na jaře. Ty rostou zpravidla ve starších částech lesa. Stejně tak zde mohou růst rostliny, které vyžadují vysokou míru oslunění. Ty pak porostou v nově pokácených a mladých částech lesa, kde mají dostatek slunečního záření. Tento typ lesa musel být chráněn před zvěří a dobyt看em, který by spásal výmladky. V dnešní době se u nás výmladkový les nevyskytuje, protože byl za komunistického režimu označen za drancování lesa a byl zakázán. Pozůstatky tohoto hospodaření lze nalézt například v CHKO Pálava a v Českém krasu (Hédl et al. 2011/a).

Naopak pastevní les byl tvořen soliterními stromy, mezi kterými se pásal dobytek. Toto prostředí bylo ideální pro světlomilné druhy, případně pro polostinné, které se nacházely pod korunami solitér. Byla zde vysoká biodiverzita rostlin, ale i bezobratlých živočichů, kteří žijí v kmenech stromů. Stromy v pastevním lese byly totiž ponechávány do vysokého věku a zároveň byly ořezávány hlavovým řezem (ve výšce 1-3 m). Což mělo za následek množství osluněných kmenů se starým dřevem, a to je ideální pro řadu bezobratlých živočichů. Tyto lesy u nás již neexistují, protože pastva v lesích je zákonem zakázána. Určitou formu pastevních lesů můžeme pozorovat v oborách. Bývalé pastevní lesy, které jsou dnes již zarostlé téměř k nerozeznání od ostatních, se nacházejí na soutoku řek Moravy a Dyje (Hédl et al. 2011/a). Světlé lesy byly využívány i na jiné účely. Hrabalo se zde stelivo, sbíral se klest a vyrábělo se dřevěné uhlí (Szabo& Hédl, 2013, Bürgi 2013).

V 19. a 20. století docházelo k přechodu z tradičního hospodaření na moderní. Původní nízký až střední les se měnil na vysoký a prodloužila se také doba obmýetí z 20 na průměrnou dobu obmýetí 100 let. Tyto velké změny měly mnoho následků. Druhy s vazbou na lesní ekosystém, které zároveň potřebovaly dostatek slunečního záření, postupně začaly ubývat a některé dokonce lokálně vymřely. V lesích se začalo vyskytovat více živin. Hlavně kvůli prodloužení obmýetí, ale také kvůli zastavení odebírání živin při hrabání a sběru klestu. Z živin přibylo nejvíce dusíku. To bylo způsobeno i spalováním fosilních paliv. Z lesů chudých na živiny se postupně staly lesy na živiny bohaté, což má významný vliv na druhové složení vegetace. V lesích také ubylo disturbancí (pastva, hrabání steliva), které přispívaly k heterogenitě prostředí. Naopak se zvýšily počty spárkaté zvěře, která likviduje zmlazení a poškozují okusem kmeny stromů. To vše zapříčinilo značný úbytek původních druhů rostlin, pro některé druhy to znamenalo i regionální vyhynutí. Zároveň to vše podporuje šíření invazních rostlin.

Především v posledních padesáti letech došlo k dramatickému snížení počtu druhů rostlin ve světlých lesích, které se postupně začaly přeměňovat na vlhčí a stinnější lesy. Tato změna postihla hlavně vegetaci bylinného a keřového patra. V keřovém patře došlo průměrně o snížení na poloviční počet druhů., zatímco v bylinném patře byl menší pokles v průměru o třetinu (Hédl 2003).

Proto je nezbytné začít s tradičním managementem na územích, kde se ještě zachovaly světlé lesy jako je Křivoklátsko, Český kras a NP Podyjí, jinak dojde k další

ztrátě biodiverzity, která by mohla být nevratná. Není sice reálné uvažovat o tradičním managementu na všech vhodných územích, ale je nutné vybrat alespoň některá. Pokud budou zvolena správně, může se vytvořit mozaika starších a mladých světlých lesů, mýtin a pasek. To přispěje k zvětšení heterogenity v krajině, zvýšení druhového bohatství v lesích a zachování teplomilných a suchomilných typů lesa (Hédl 2003).

V současnosti se klade důraz na aktivní management zájmových území z hlediska ochrany přírody. Proto se oba tradiční způsoby hospodaření opět začaly zkoumat a v současnosti probíhají pokusy v CHKO Pálava a v Českém krase (Hédl et al. 2011/b).

2.2 Vliv podmínek a heterogenity prostředí na druhové složení vegetace

Pokud posuzujeme ekosystémy podle biodiverzity, tak jsou lesy nejvýznamnějšími terestrickými ekosystémy. I když pokrývají jen třetinu pevniny, tak zahrnují více než 50% globální biodiverzity. Ze všech lesních formací jsou druhově nejbohatší přírodní a přírodě blízké lesy. Tyto lesy představují soubor prostředí, který zahrnuje velké množství stanovišť vhodných pro všechny druhy organismů, které je obývají. To souvisí s délkou vývoje biocenózy, čím déle vývoj trval, tím více se jednotlivé druhy přizpůsobily. Často se úzce adaptovaly na dané prostředí. Proto pokud dojde k výrazným změnám v prostředí, mohou jednotlivé druhy z ekosystému zmizet. K tomu dochází například při změně přírodních lesů na kulturní nebo na lesní plantáže. V přeměněném lese je pak mnohem menší biodiverzita. Při změně dojde k snížení rozmanitosti dřevin, narušení vertikální struktury lesa, pozměnění věkové skladby dřevin a omezení množství mrtvého dřeva v lesním ekosystému. Z toho vyplývá, že biodiverzita je ovlivňována heterogenitou prostředí. Důležitá je především prostorová heterogenita, protože pokud má biotop spíše mozaikovitý charakter, pak umožňuje koexistenci různých druhů organismů s odlišnými požadavky na prostředí. Různorodost prostředí jak z hlediska abiotických, tak i biotických faktorů pozitivně ovlivňuje biodiverzitu, a to rostlinných i živočišných druhů (Suchomel et al. 2010).

2.2 Vliv světelných podmínek

Světlo je základní ekologický faktor, který společně s dalšími faktory ovlivňuje vzrůst, pokryvnost i druhovou strukturu lesního podrostu (Tinya F., Ódor P. 2016). Souvislostmi mezi druhovým složením a dostupností světla se zabývají mnohé ekologické studie (Jelaska et al. 2006). Rostliny reagují nejen na intenzitu ozáření, ale i na jeho složení vyjádřené jako vlnová délka. Na základě různých vlnových délek se sluneční záření dělí na ultrafialové, viditelné a infračervené záření. Pro zelené rostliny je významné viditelné záření, které se svou vlnovou délkou takřka shoduje s fotosynteticky aktivní radiací (FAR). FAR má přibližný rozsah 400 až 700 nm. Množství světla a jeho složení závisí na úhlu dopadajícího světla. To je důvod, proč je světlo v průběhu času variabilní, a to v závislosti na denní a roční době (Procházka et al. 2003). Světelné záření je i prostorově variabilní. Tato variabilita je způsobena hlavně charakteristikami stromového patra, jako jsou výška a tvar korun dřevin a listová plocha (Barbier et al. 2008). Další změna může ve složení světla nastat po průchodu vegetací, protože do nižších stromových pater proniká světlo z dlouhovlnné červené světelné oblasti, které vegetace v horním patře nevyužije (Slavíková 1986).

Vliv světla na přízemní vegetaci je podle řady výzkumů průkazný v doubravách, kde po zvětšení prostupnosti světla narostl podíl druhů rostlin se schopností otáčení k mezerám ve stromovém zápoji (Härdtle et al. 2003). Všechny procesy v lese probíhají v přímé nebo nepřímé spojitosti se světlem. Výzkumy, analyzující závislost světla na vegetaci v podrostu, se zakládají především na mezerách v korunovém zápoji. Tyto mezery, neboli gapy, jsou způsobeny úmyslným odstraněním stromu nebo i více stromů, či jejich přirozeným zánikem. Menší mezery mohou vznikat i odstraněním či odlomením větví. Vždy však musí jít o dostatečně velkou mezeru tak, aby došlo k průniku dostatečného množství světla. Zároveň je jako největší možný rozměr gapů pro všechny typy porostů uváděna rozloha jedna desetina hektaru. S narušením zápoje se do podrostu dostává více světla, které nastartuje kompetici světlomilných druhů stromů či rostlin. Dynamika gapů je studovaná především v lesnictví a je založena na studiích přirozené obnovy lesa. Mezery ve stromovém zápoji se tak stávají příčinou počátku sukcese druhů netolerujících zastínění. Dřeviny a byliny netolerující jakýkoli stín nejsou schopny regenerovat v úplném zápoji korun. Přesto se dospělci těchto druhů v lesích vyskytují (Yamamoto 2000).

„Teorie gap dynamiky“ lesa je založena na tom, že při vytvoření dostatečné mezery v zápoji vznikne rozdíl v mikroklimatických podmínkách, jako jsou změny vlhkosti a teploty. Vytvoří se tak podmínky vhodnější pro růst druhů netolerujících zastínění (Yamamoto 2000). Studie potvrzují změny v půdních vlastnostech související s mezerami ve stromovém zápoji. Zbytky organické hmoty se mohou rozkládat rychleji při vyšší zástině půdy, což souvisí s vlhkostí, která při vyšší propustnosti světla a zvyšující se teplotou klesá (Vild 2015).

V opadavých lesích prochází největší množství záření porostem v jarních měsících. Těsně před rozvojem olistění dřevin je v těchto lesích nejvíce světla, následuje rychlý pokles během jara. V letních měsících je množství záření stabilní a nízké. Roční minimum množství světla je na počátku podzimu, kdy jsou dřeviny ještě olistěné a slunce se pohybuje níže nad obzorem (Ellenberg 1988).

Lesní prostředí charakterizují čtyři základní typy světelných podmínek: (1.) lesní stín, kdy je zakrytá většina oblohy a spektrální křivka procházejícího slunečního záření má maxima v zelené a červené dlouhovlnné části spektra; (2.) zastíněný okraj světliny, kam dopadá pouze rozptýlené (difúzní) záření s převahou modré části spektra; (3.) malá světlina, kam po určitou část dne dopadá i přímé sluneční záření a (4.) velká světlina, která se světelnými podmínkami podobá otevřené krajině. Při oblačném počasí se charakteristiky všech stanovišť přibližují k typu velké světliny (Endler 1993).

Rostliny v podrostu lesního prostředí využívají různých strategií, jak se vypořádat s malou dostupností světla. Existuje řada metabolických, morfologických a fenologických adaptací na hladinu osvětlení (Givnish 1988). Druhy jarního aspektu využívají dostatečné množství záření před olistěním dřevin. Druhy tolerující zástin v letních měsících musí být schopny využít i velmi nízké hodnoty fotosynteticky aktivní radiace a obvykle mají nižší růstovou rychlost při jejich vyšších hladinách. Druhy, které jsou náročnější na světlo v průběhu celé vegetační sezóny, musí buď kolonizovat světliny (tyto světliny bývají prostorově a časově omezené a vznikají narušením stromového patra), nebo musí růst v lese na místech, kde je trvale dostatek slunečního záření. Zpravidla se světlejší části lesa tvoří na extrémních stanovištích (Vera 2000). Různé druhy dřevin se liší schopností utvářet stinné porosty. Středoevropské druhy vzestupně podle průměrného množství záření procházejícího porostem: *Fagus sylvatica*, *Quercus petraea*, *Betula sp.* S dostupností světla patrně souvisí i vyšší druhová bohatost lesů s dominancí dubu v porovnání s bukovými lesy (Ellenberg

1988). Byla nalezena pozitivní závislost druhové diverzity na světelných podmínkách v doubravách středních Čech (Hofmeister et al. 2009). Průkazný vliv světla na druhovou diverzitu byl nalezen i v lesích svazů Fagion a Carpinion (Härdtle et al. 2003).

2.3 Způsoby využití lesních ekosystémů

2.3.1 Nízký les

Nízký les nebo také nízkokmenný les nebo pařezina je nejstarší forma obhospodařování lesa. Je to hospodářský tvar lesa s jednou etáží porostu. Schopnost produkce dřeva je zde daná systematickou opakovanou vegetativní obnovou, a to pařezovými nebo kořenovými výmladky (Utinek, 2014, Polanský 1956). Takové lesy jsou velice vzdálené přírodním lesům. Probíhá v nich značný a dlouhodobý odběr biomasy, který ovlivňuje koloběhy látek a nutí les neustále dorůstat (Kadavý et al. 2011).



Obrázek 2 Pozůstatky nízkého lesa NPR Děvín (Pálava), zdroj: (Hédl et al 2011/a)

Pravidelně obhospodařované výmladkové lesy byly zavedeny již před několika tisíciletími a nejpozději ve středověku představovaly na mnoha místech výkonný produkční systém (HÉDL et al. 2011/a). Doba obmýetí se postupně měnila. Ve středověku se pohybovala okolo 7 let. Později až do 19. století se prodlužovala až na 15-20 let (Hédl et al. 2011). Dnes je doba obmýetí určována optimální výmladností, druhem dřeviny, podmínkami prostředí a množstvím očekávané produkce. Největší rozdílnost v době obmýetí je dána druhem dřeviny, např. vrby mají obmýetí 5 let, habry a duby 40 let, olše mohou mít dobu obmýetí až 60 let (Kadavý et al. 2011).

Nízký les byl především v době před průmyslovou revolucí využíván jako zdroj palivového dříví. Tyto lesy se vyskytovaly na většině území teplých pahorkatin a nížin České republiky (Buček et al. 2011). V pařezinách se těžba prováděla každoročně na ploše stejné velikosti, protože se každý rok spotřebovalo stejné množství dřeva. Z toho vyplývá, že jde o velmi intenzivní způsob hospodaření (Utinek 2014). Kromě jiného sloužil les i k pastvě dobytka. Zvířata byla vpuštěna do pařezin, kde spásala výmladky ve stáří 3–7 let od smýcení (Hédl et Szabó 2010).

2.3.2 Střední les

Les střední také známý jako pařezina s výstavky nebo les sdružený. Je etážový tvar lesa, který se skládá z dvou či více etáží. Obvyklejší varianta je dvouetážová. Jedná se o les, ve kterém je spodní patro tvořené nízkokmennými dřevinami výmladkového původu a horní patro se skládá z jedinců semenného původu tzv. výstavků (Utinek 2009, Čížek et al. 2016). Ty vznikají tak, že pokaždé, když dojde k těžbě, ponechá se, nebo se vysadí daný počet stromů semenného původu. Vzniklé výstavky jsou různověké (Kadavý 2011). Jako semenné výstavky se používaly buky a duby, které sloužily jako zdroj kvalitního tvrdého dřeva a zároveň jako zdroj krmiva ve formě bukvic a žaludů pro domácí zvířata, která se ve středních lesích pásala (Altman et al 2013).



Obrázek 3 Vysoký les převedený na střední les, 3 roky po provedení zásahu, zdroj: (Utinek 2014)

I v lese s tímto typem hospodaření se hojně využívá vegetativní obnova. Podobně jako u nízkého lesa i zde závisí interval obmýti na druhu dřeviny a podmínkách stanoviště. Doba obmýti se pro spodní etáž pohybuje mezi 25 až 40 lety. Výstavky bývají ponechávány po dobu 2 až 4 pařezinových cyklů, tedy 80 až 120 let (Utinek 2014, Čížek et al. 2016). Střední lesy především sloužily jako zdroj palivového dříví i jako zdroj kvalitnějšího, užitkového dříví. Stejně jako nízké lesy měly i ty střední lesy další způsoby využití, jako je pastva, hrabání steliva a sběr lesních plodů. Právě tato různorodá kombinace lidských činností, které působily na lesní ekosystém, utvářela jejich specifický charakter a zároveň vytvářela podmínky pro velkou biodiverzitu ve všech jejích složkách (Utinek 2014).

2.3.3 Vysoký les

V současnosti je nejrozšířenější hospodářskou formou vysoký les, a to hlavně z důvodu, že byly nízké a střední lesy převáděny na tuto formu lesa za účelem maximalizace produkce (Utinek 2014). V tradičním lesnictví byl vysoký les zřejmě používán jen výjimečně, za to však představuje jedinou formu hospodaření používanou v moderním lesnictví. Doba obmýti se pohybuje kolem 100 let (Van Calster et al. 2008).

Vysoký les může vzniknout dvěma způsoby. Přirozenou obnovou, kdy se nový porost vyvíjí z náletu či opadu semen, nebo umělou obnovou ze sazenic a semenáčků. Vysoký les není považován za typ tradičního hospodaření v nížinných lesích. Naopak tento způsob hospodaření v historii převažoval v horských oblastech (Hédl et al. 2011/a).



Obrázek 4 Vysokokmenný les, zdroj: (Hédl et al. 2011/a)

2.4 Management

Jedním z cílů ochrany přírody je zachovat biodiverzitu. Ta v minulém století značně poklesla, protože se ustoupilo od tradičního obhospodařování lesů a většina lesa byla převedena na les vysoký (Hédli 2011/a, Čížek et al. 2016). Pokud chceme zbývajících biodiverzitu na lesních lokalitách historicky ovlivňovaných člověkem ochránit, musíme zavést ochranný management, který bude napodobovat tradiční formy obhospodařování lesa.

2.4.1 Lesní pastva

Lesní pastva je velmi starý způsob hospodaření, v podstatě se provozovala již od počátků zemědělství na začátku neolitu, kdy došlo k domestikaci divokých zvířat. Zvířata se vyháněla na pastvu v okolí téměř každého lidského sídla. Vliv na lesní ekosystémy se projevoval nejprve v nížinách, s postupnou kolonizací došlo i k ovlivňování porostů v pahorkatinách, a nakonec i v horských oblastech. V období raného středověku již v nížinách téměř neexistovaly lesní porosty neovlivněné člověkem (Szabó 2009). Lesní pastva měla vedle pařezinového hospodaření dominantní vliv na utváření struktury lesních biotopů a jejich dynamiku (Kirby & Watkins 2015). Pojem pastevní les je poměrně široký (Hartel et al. 2013), ale v jednoduchosti lze konstatovat, že jde o travinné porosty s více či méně roztroušenými stromy. V pastevních lesích se pásly různé druhy domestikovaných zvířat: skot, ovce, kozy, prasata a koně. To je poměrně důležité, protože různé druhy zvířat se liší způsobem, jakým spásají vegetaci, a tedy i vlivem na vegetaci (Jirků & Dostál 2015). Býložravci ovlivňovali vegetaci nejen okusem, ale i sešlapem a trusem, který hnojl půdu (Fanta 2007).

Pastva v lese byla ještě nedávno jedním z běžných a široce rozšířených typů tradičního hospodaření v lese. Podobně jako u výmladkového hospodaření i v tomto případě se mnoho praktických zkušeností s pastvou v lese jistě ztratilo, především kvůli intenzivnímu managementu lesů přibližně v posledních 70-ti letech (Čížek et al. 2016)

V počátcích obhospodařování chráněných území byla pastva považována za škodlivou, a proto byla zakázána. Důvodem byl předpoklad, že dochází ke snížení diverzity vegetace. Předpoklad vycházel z toho, že krátce po opuštění od pastvy došlo k navýšení druhové bohatosti rostlin. V důsledku toho však začala probíhat sukcese

různých vegetačních typů do té doby, než některá z nich nepřevládla. Pastva proto začala být později doporučována jako jeden z hlavních způsobů obhospodařování pro dlouhodobé zachování chráněného bezlesí (ERHARDT 1985). S pastevními lesy se dnes ve Střední Evropě téměř nesetkáme, typické jsou spíše pro severní Evropu a oblast okolo Středozemního moře (Hédl et al. 2011/a).

K pastvě jako ochrannému managementu se přistupuje, pokud jsou cílem ochrany druhy, které pro svou existenci potřebují světlý les s řídkým zápojem. Zvířata, která se pasou na dané lokalitě, zabraňují přirozené obnově a neumožní obnovu plného zápoje dřevinné vegetace (Dušek D. 2016).

2.4.2 Kosení

Kosení má na vegetaci podobný vliv, avšak menší než pastva. To je pravděpodobně dáno tím, že kosení je pouze homogenní odebrání nadzemní části vegetace. Naproti tomu pastva ovlivňuje vegetaci více faktory např. mechanickým narušováním půdního povrchu, selektivním okusem a přidáváním živin (trus zvířat) (Zeidler M. 2017). Způsob obhospodařování jako jsou termíny a četnost sečí spolu s podmínkami prostředí výrazně ovlivňují strukturu a druhové složení porostů. Důležité je ponechat určitou míru heterogenity a nekosit celou lokalitu, která se obhospodařuje. Pro zvýšení biodiverzity je lepší používat mozaikovou seč, která zajistí větší množství různorodých podmínek (Fajmon a Jongepierová 2015). Bohužel historie kosení v lesích je špatně zdokumentovaná (Douda 2017). Nicméně praktikování tohoto tradičního obhospodařování mělo značný vliv na vývoj lesních ekosystémů po dlouhou dobu, od středověku až po začátek 19. století (Bürgi a Gimmi 2007). Kosení je také náročné, a to finančně i nároky na lidskou pracovní sílu, proto bývá aplikováno spíše na menších plochách (Zeidler M. 2017).

2.4.3 Hrabání lesního opadu

Mezi široce rozšířené formy tradičního využívání lesa patřilo i hrabání lesního opadu. Jedná se o shrabávání listí a jehličí k následnému použití ve stájích, především k výkrmu dobytka a na podestýlku. Přesné zhodnocení intenzity, pravidelnosti a rozsahu hrabání steliva v lesích bohužel není k dispozici, protože tyto činnosti nebyly z ekologického pohledu velmi zásadní (Bürgi & Gimmi 2007). Až do 19. století se hrabání opadu využívalo především ve střední Evropě a severovýchodních zemích (Fanta 2007). Ve střední Evropě ovšem nešlo o tak významný typ využívání lesa jako v

zemích severských. Shrabaná odumřelá biomasa byla využívána jako stelivo a krmivo pro dobytek hlavně v zimním období (Hédl et al. 2011/a).

Vliv této činnosti na diverzitu lesního podrostu popisuje řada studií. Některé studie uvádějí, že v důsledku odstraňování svrchní vrstvy humusu dochází k obnovení semenné banky. To způsobí vyšší klíčivost semen vzácných druhů rostlin, které mohly být negativně ovlivňovány konkurenčními dominantními druhy. Další studie se zabývají koloběhem látek v půdním horizontu a vlivem acidifikace a depozice látek (hlavně dusíku) z ovzduší na druhovou diverzitu.

Opakované hrabání opadu má vedle mechanického narušení půdy či poškození bylinného patra za následek především odstraňování živin. V důsledku pravidelného odstraňování opadu, který je na živiny bohatý, vede k podpoře oligotrofních druhů rostlin (Vild et al. 2015). S opuštěním od hrabání steliva zůstal opad v lesích, kde se rozkládal a obohacoval živinami půdu. Lesy postupně zarůstaly a tmavly lesů v důsledku opuštění od pařezinového hospodaření a lesní pastvy, a navíc se stávaly úživnější. Situace se navíc ještě zhoršila v posledních desetiletích, kvůli zvyšování imisí. Dalším problémem způsobujícím zhoršení je nadužívání průmyslových hnojiv, které vede k eutrofizaci půd a smývání živin, především dusíku a fosforu, z polí do lesních ekosystémů (Thimonier et al. 1994).

Zavádění praktik, které by alespoň místy redukovaly množství opadu, a snižovaly tak obsah živin v půdě, je proto třeba považovat za jeden z nástrojů ochrany přírody. Je to způsob, jak podpořit ohrožené druhy rostlin. Vedle řízeného vypalování je pravidelné hrabání steliva jednou z forem, jak může být obsah živin v půdě snižován (Vild et al. 2015). Je rovněž nutné si uvědomit, že vliv odstraňování opadu se nemusí projevit ihned po jednom odstranění. Většinou je třeba odstraňování opadu opakovat každoročně. Nedávné experimenty s hrabáním opadu na lesních půdách nicméně ukazují, že obnova této praktiky může mít pozitivní vliv na druhovou diverzitu bylinného patra, včetně podpory vzácných cílových druhů, již po několika málo letech, např. po 5 letech (Douda et al. 2017, Vild et al. 2015). Tento management podporuje především méně konkurenční druhy jednoletých rostlin (Jongepierová et al. 2018).

Hrabání steliva a odstraňování opadu se dá praktikovat v každém lese. Výsledný efekt na vegetaci se liší v závislosti na lokálních podmínkách. Velmi vhodné je odstraňování opadu především v oligotrofních doubravách s bohatou vegetací

v podrostu, které jsou v současnosti nejvíce ohrožené zvýšenou atmosférickou depozicí (Douda et al. 2017). Naopak v lesích s úživnými půdami bude efekt hrabání pravděpodobně menší a bude trvat delší dobu, než se efekt projeví. Odstraňování opadu je nejlepší provádět na podzim, má to příznivější efekt na druhovou diverzitu rostlin, než když se provádí na jaře (Vild et al. 2015). Na jaře navíc hrozí mechanické poškození rašících jarních druhů. Hrabání by mělo být každoroční, ale nemělo by být aplikováno najednou na celé ploše chráněného území. Pokud by hrabání probíhalo na celém území, docházelo by k homogenizaci vývoje a podmínek v rámci území. Naopak je vhodné hrabání provádět tak, aby území poskytovalo heterogenitu ve vývoji sukcese (Čížek et al. 2016, Vild et al. 2018).

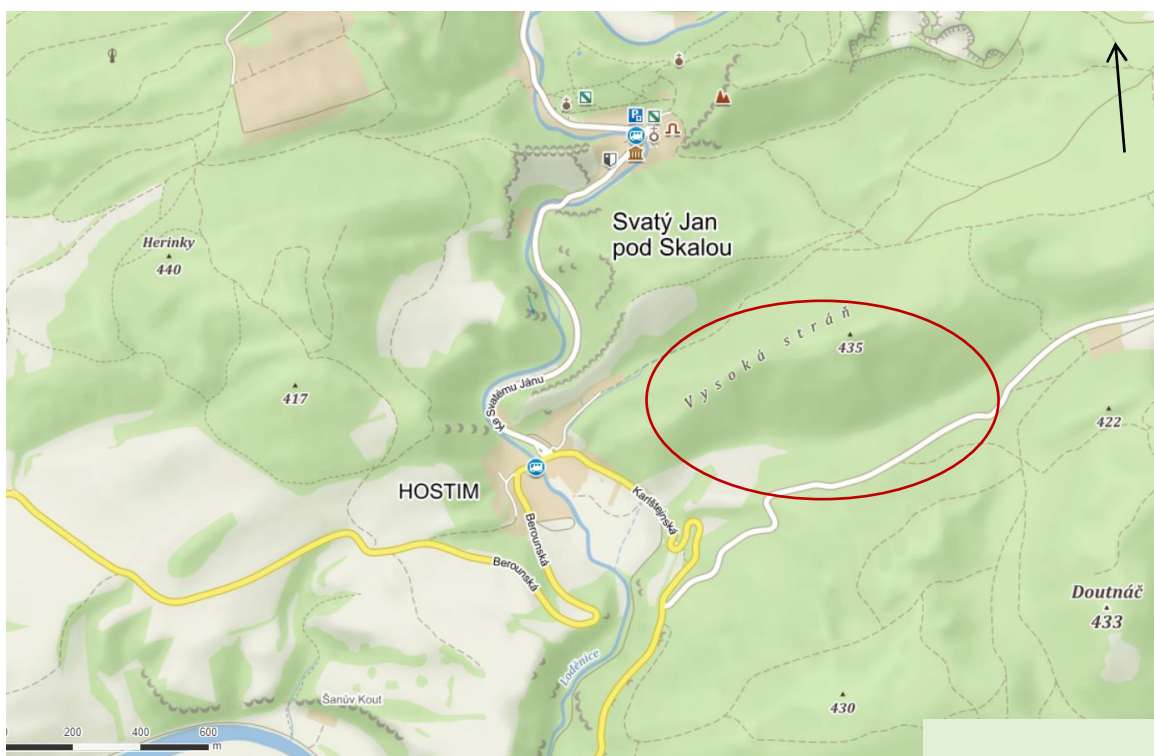
Hrabání opadu je jako ochranný management bohužel poměrně hodně finančně náročný a je náročný i na lidskou pracovní sílu. Proto se účinně dá provádět jen na velmi malé ploše. Případně může být používán tam, kde může být odebraný opad dále zuzitkován, např. jako biomasa na spalování. Účinnější formou odstraňování opadu v lesích je potom řízené vypalování, které je možné provádět poměrně rychle a efektivně i na větších plochách (Čížek et al. 2016).

3. Metodika práce

3.1 Popis lokality

3.1.1 Lokalizace

Výzkum probíhal na vrchu Vysoká stráň konkrétně na jižním svahu. Vysoká stráň se nachází u obce Hostim v okrese Beroun a v CHKO Český kras v Národní přírodní rezervaci Karlštejn.



Obrázek 1: Výřez z turistické mapy (URL 1). Výřez zobrazuje studovanou lokalitu Vysokou stráň, která se nachází severovýchodně od obce Hostim v okrese Beroun

3.1.2 Historie lokality

Lesy v okolní oblasti CHKO Český kras byly postupně převáděny z lesa nízkého na střední les a nakonec na vysoký les. Tento proces probíhal několik století. První historické doklady o těžbě a obhospodařování daného území pochází ze 14. století. Podrobnější záznamy o způsobu hospodaření se dochovaly až z 18. století. Zdejší lesy byly v té době převážně listnaté a byly obhospodařovány jako pařeziny s málo častými borovými výstavky. Stále se jednalo o les nízký (Dörner & Müllerová 2014).

Na počátku byl zdokumentován stav Karlštejnských lesů, které se dnes nachází v CHKO Český kras, Jakubem Schmidtem. Schmidt popsal stav lesů jako žalostný.

Starší porosty byly složeny z dubů, buků, habrů, méně často ze smrků a jedlí. Zatímco mladší porosty byly složeny z bříz, osik, javorů a lísek. Po popisu stavu lesů se začalo s přechodem od pařezení k lesu vysokému ve snaze zlepšit hospodářskou kvalitu lesů. Vysoký les tehdy připadal na 1/6 území a zbylý les byl stále nízký (Dörner & Müllerová 2014).

V druhé polovině 19. století došlo v další části území a na vybraných lokalitách, které se na to hodily, ke změně na les vysoký. Hlavně z důvodů malé poptávky palivového dříví a zvyšující se poptávce na dřevo stavební (Dörner & Müllerová 2014).

Vysoká stráň tehdy spadala pod Zámecký revír, který měl špatný stav způsobený nadměrnou těžbou dřeva a nedostatečným vylepšováním porostu v pařezinách. Druhové složení zde po celé 19. století zůstalo podobné. Dominoval dub, buk a habr, dalšími dřevinami, které se vyskytovaly na lokalitě, byly břízy, osiky, lípy a z jehličnanů to byly borovice a modříny (Dörner & Müllerová 2014).

Na konci 19. století byly lesy na Karlštejnsku rozděleny do čtyř hospodářských skupin: chráněný les (8 %), les vysokokmenný (17 %), nízký les (46 %) a výmladkový les s 25 let trvající dobou převodu. Zde bylo poprvé zmíněno, že zdejší lesy mají i jinou než hospodářskou funkci, a to že mají ochranný a krajinný význam. Jedná se o první snahu chránit lesy v oblasti Českého krasu (Dörner & Müllerová 2014).

Trend v přeměně pařezin na vysoký les dále pokračoval a zrychloval. Již v roce 1922 tvořil vysoký les téměř polovinu porostu. Došlo také k zásahu do druhové skladby lesů a začalo se pěstovat výrazně více jehličnanů. Plánovalo se převést zbylý nízký les na vysoký jehličnatý les s dominancí smrku. Nakonec se od plánů ustoupilo a postupně vznikl vysoký smíšený les. Změny druhové skladby probíhaly velmi rychle a už v roce 1936 byl smrk stejně hojný jako doposud dominující dub. Obě dřeviny tak tvořily 2/3 všech stromů na daném území, přičemž smrk se rozšířil na úkor buku (Dörner & Müllerová 2014).

Od konce 2. světové války převod pařezin na vysoký les neustále zrychloval. Na konci 20. století byl vysoký les na 90% území a na zbylých 10 % byl dvouetážový porost. V roce 2008 byl dvouetážový porost již na 22 %, což dokládá snahu o obnovu pařezení. Došlo také k další změně druhového složení, současné zastoupení jehličnanů je 7%. Vyskytují se zde smrky, borovice a výjimečně douglasky. Opět zde dominuje

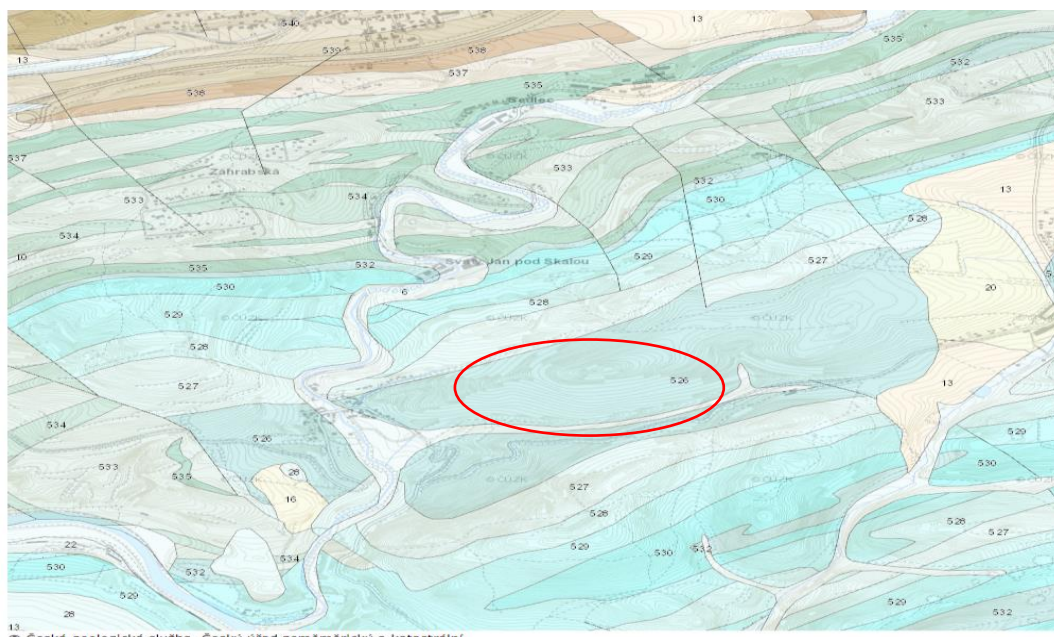
dub a dalšími nejčastějšími listnatými dřevinami jsou habr, buk a lípa (Dörner & Müllerová 2014).

Změny, které proběhly v minulosti, a to především v 19. a 20. století měly negativní následky na lesní ekosystém a způsobily úbytek velkého počtu vzácných i ohrožených druhů. Z tohoto důvodu se v současnosti v CHKO Český kras stejně jako na jiných lokalitách u nás i ve světě obnovuje pařezinové hospodaření.

3.1.3 Geologie a pedologie daného území

Lokalita Vysoká stráň stejně jako celý Český kras je součástí geologické jednotky Barrandienu. Ta spadá do soustavy Českého masivu. Geologický podklad území CHKO Český kras tvoří především vápencová souvrství, která nazýváme Pražská pánev. Oblast Pražské pánve sahá od Prahy až po území jižně od Berouna (www1). Nejstarší vrstvou hornin jsou sedimenty předprvohorního moře: břidlice, prachovce, slepence a vulkanické horniny. Tyto horniny vytvářejí podklad, na kterém se nachází vrstva mladších sedimentů (Chlupáč 2011).

Geomorfologicky náleží většina území Českého krasu Hořovické pahorkatině a severovýchodní část je součástí Pražské plošiny (Šamonil 2007). Typ reliéfu, který zde převažuje je mírně zvlněná pahorkatina. Rozsáhlá plošina je převyšovaná zaoblenými vrchy a kratšími hřbety. Zároveň je plošina protnuta kaňonovitým údolím Berounky. I její přítoky sice krátké a málo vodnaté pozměnily ráz údolí a vytvořily údolí s nerovným spádem (www2). Z hlediska pedologického převládají kambizoly a litosoly (Culek et al. 2013, Douda et al. 2017).



Obrázek 2: Výřez z geologické mapy (URL 2). Mapa zobrazuje geologické podloží dané oblasti

3.1.4 Biogeografie

Vysoká stráň se nachází v Karlštejnském bioregionu a ten patří do Hercynské provincie. Karlštejnský bioregion se rozkládá na jihozápadě středních Čech a zahrnuje většinu Hořovické pahorkatiny a jižní část Pražské plošiny. Z hlediska vegetace se zde nachází mozaika teplomilných doubrav a dubohabřin, na jižních svazích se často vyskytují skalní stepi a na severních svazích suťové lesy a vápnomilné bučiny. Vegetační stupně jsou zde kolinní až suprakolinní. Území spadá do termofytika konkrétně do 8. okresu Český kras (Culek et al. 2013).

3.1.5 Klimatické podmínky

Studovaná lokalita Vysoká stráň jako součást Karlštejnského bioregionu leží v mírně teplé oblasti MT11 (dle Quitta). Podnebí je tedy mírně teplé až teplé. Celá oblast leží ve srážkovém stínu a převládá zde západní proudění, které je ovlivňováno tvarem a směrem údolí, které směřuje od jihozápadu k severovýchodu. V zimě je zde dostatek sněhu, který rychle taje, hlavně na slunných místech. Území má relativně teplé podnebí s ročním průměrem teplot 7,7 až 9 °C. Podnebí je zde kvůli již zmíněnému srážkovému stínu suché až velmi suché s rozsahem srážek od 500 do 550 mm. Významný vliv na vegetaci mají údolní teplotní inverze (Culek et al. 2013).

3.1.6 Vegetace

Podle fytoocenologické klasifikace lze lokalitu zařadit do teplomilných doubrav svazu *Quercinion petraeae* a *Quercion pubescenti-petraeae*. Jedná se o lokalitu s prosvětlenými partiemi, kde se vyskytují světlomilné lesostepní druhy rostlin a druhy suchých trávníků. Potencionální přirozenou vegetací je zde dubohabřina ze svazu *Carpinion*, z asociace *Melampyro nemorosi-Carpinetum*, což je stejný typ vegetace, který převládá v nedaleké NPR Koda (Horáčková a Tichý 2014, Neuhauslová et al. 1998). Oblast bioregionu, a tedy okolí vrchu Vysoká stráň má velmi pestrou flóru. Potenciální přirozenou vegetací jsou v bioregionu šipákové doubravy svazu *Quercion pubescenti-petraeae*. Doubravy se mozaikovitě střídají s teplejšími dubohabřinami z asociace *Melampyro nemorosi-Carpinetum betuli* (Culek et al. 2013).

Celkově zde převládají teplomilné acidofilní doubravy asociace *Sorbo torminalis-Quercetum* (svaz *Quercinion petraeae*), kde dominuje dub zimní (*Quercus petraeae*) a s příměsemi habru obecného (*Carpinus betulus*) a lípou srdčitou (*Tilia cordata*) (Moravec et al. 2000). Zdejší keřové patro je tvořené hlavně dřínem obecným (*Cornus mas*), hlohem (*Crataegus sp.*), habrem obecným (*Carpinus betulus*), jasanem ztepilým (*Fraxinus excelsior*) a javorem babykou (*Acer campestre*). Keřové patro je v rozvolněných částech porostu dobře vyvinuté, ale v zapojenějších částech se vyskytuje málo, případně úplně chybí. V bylinném patře se vyskytují druhy typické pro teplomilné doubravy, např. *Anthericum ramosum*, *Euphorbia cyparissias*, *Vincetoxicum hirundinaria*. Můžeme zde nalézt i stinné až polostinné druhy oligotrofních stanovišť, *Silene nutans*, *Veronica officinalis*, *Luzula luzuloides*.



Obrázek 5 Fotografie pořízená na studované lokalitě

3.2 Metodika

Na studované lokalitě na Vrchu Vysoká stráň v nadmořské výšce mezi 250-350 m n. m. bylo náhodně vybráno 32 ploch, které byly následně rozděleny na 4 menší plochy (3 x 3 m). Na každé z těchto ploch probíhal v letech 2010-2014 jiný management (hrabání listového opadu, kosení, kombinace kosení a hrabání) a kontrola. Plochy byly rozděleny rovnoměrně a na 64 probíhalo hrabání a zbylé plochy posloužily jako kontrola. V následujících letech až do roku 2020 se prováděl už jen pokus s vlivem hrabání listového opadu. Přičemž v letech 2010-2014 a 2017-2020 byly na lokalitě pořízeny fytoecologické snímky. Pozorované druhy byly rozříděny do 6 skupin podle typů stanovišť, ve kterých se převážně vyskytují. Jednalo se o následující skupiny: druhy suchých trávníků, druhy dubohabřin, druhy lesů bohatých na živiny, vegetace plevelů, druhy teplomilných doubrav a druhy acidofilních dubových lesů. Cílové druhy jsou ze skupin druhů teplomilných doubrav a druhů suchých trávních porostů.

Pořizování dat - světelné podmínky

Data o světelných podmínkách byla pořizována v červenci roku 2020. Hemisférické fotografie představují relativně jednoduchý, a přitom přesný nástroj pro studium struktury porostu nebo pro studium světelných poměrů pod tímto porostem. Tato metoda má dlouhou historii. Byla používána v lesní ekologii na hodnocení závislosti mezi hustotou stromového zápoje a strukturou podrostní vegetace (Evans a Coombe 1959). Na každé ploše bylo pořízeno 5 hemisférických fotografií pomocí fotoaparátu Nikon D700 a objektivu Fisheye. Z každé pěti fotografií byla následně vybrána ta s nejlepším kontrastem. S touto fotografií se dále pracovalo v programu Gap Light Analyzer (GLA).



Obrázek 6 Hemisférická fotografie pořízená pomocí objektivu rybí oko (vlevo). Fotografie upravená v programu Gap Light Analyzer (vpravo).

V programu GLA je třeba snímek zaregistrovat a určit tak kruhovou plochu, ze které bude prováděn výpočet. Dále je nutné do programu zadat souřadnice místa, kde byla fotografie pořízena a kde se na fotografii nachází sever. Program pak zohlední dráhu slunce pro danou lokalitu a období. V programu GLA je nutné převést fotografii na černobílou pomocí manuálního nastavení hranice threshold. Nicméně pokud je použito ruční nastavení prahové hodnoty pro rozdělení pixelů na černé (koruny stromů) a bílé (obloha) mohou vzniknout chyby, protože stanovená hodnota závisí na subjektivním posouzení (Jonckheere et al. 2004). Následně je možné spočítat proměnné potřebné k následné analýze dat. Interpretovatelné proměnné získané analýzou hemisférických fotografií v programu Gap Light Analyzer (Frazer et al. 1999):

Canopy openness – je procentuální podíl pixelů, které patřily obloze vůči pixelům patřícím korunovému zápoji

LAI4 – LAI 4 Ring je index listové plochy v úhlu zenitu (polokoule) 0-60°.

LAI5 – LAI 5 Ring je index listové plochy v úhlu zenitu (polokoule) 0-75°.

Transmitation Direct (TraDir) – přímá transmitace je procentuální podíl Trans direct a Above Direct Mask (objem přímého dopadajícího slunečního záření, které bere v úvahu topografickou masku) násobený 100.

Transmitation Diffuse (TraDif) – difúzní transmitace je procentuální podíl Trans Diffuse a Above Diffuse Mask (objem rozptýleného dopadajícího slunečního záření, které bere v úvahu topografickou masku) násobený 100.

Transmitation Total (TraTot) – celková transmitace je podíl Trans Total a Above Total Mask (suma Above Direct Mask a Above Diffuse Mask) násobený 100.

Tyto proměnné byly dále analyzované v programu R studio. Pomocí GLM modelů byl zjišťován vliv těchto proměnných, a tedy i vliv světla na počet druhů, které se nacházely na jednotlivých plochách. V programu R studio byl pro analýzu diverzity použit následující skript: `model=glm(Richness~.....*Treatment, family=poisson, data=data2020)`

Vysvětlení modelu:

Richness – vysvětlovaná proměnná, počet druhů vyskytující se na ploše

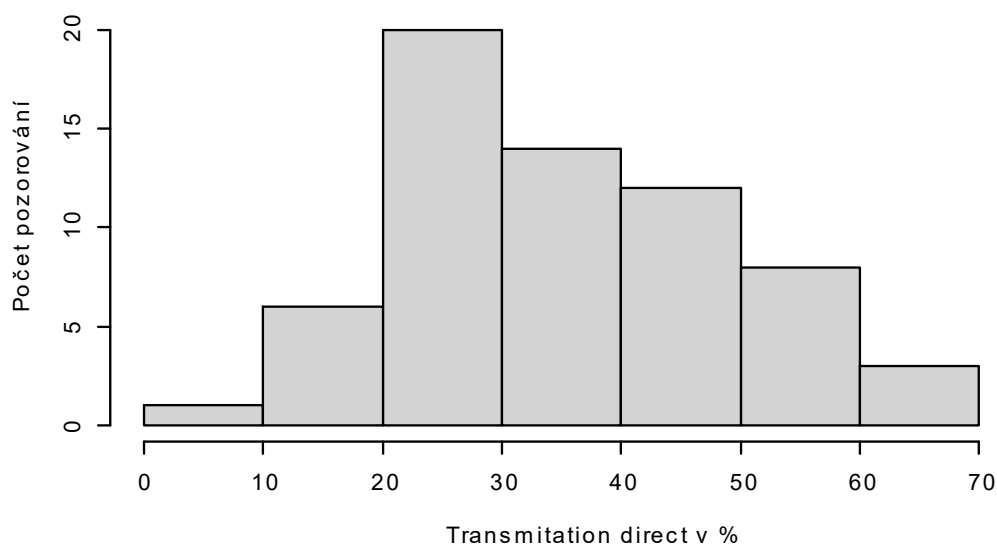
Treatment – vysvětlující proměnná, zda byl na ploše shrabán listový opad nebo zda plocha sloužila jako kontrola

..... – do této části modelu byly postupně dosazovány proměnné Canopy openness, LAI4, LAI5, Transmitation Direct, Transmitation Diffuse a Transmitation Total

4. Výsledky

4.1 Statistické výpočty

Vliv světla byl testován již dříve zmíněným modelem: `model=glm(Richness~.....*Treatment, family=poisson, data=data2020)`. Při dosazování jednotlivých proměnných (Canopy openness, LAI4, LAI5, Transmittation Direct, Transmittation Diffuse a Transmittation Total) bylo zjištěno, že proměnná Transmittation Direct není signifikantní na hladině významnosti 0,05 přesto, že vysvětluje největší procento variability ($p = 0,143$). Interakce mezi světelnými podmínkami zastoupenými proměnnou Transmittation Direct a způsobem péče (hrabání, kontrola) signifikantní nebyla. U proměnné Transmittation Direct byly vypočteny hodnoty od 9 do 67 %, s průměrem 35 %, s nejčastějšími hodnotami 26 až 42 % (viz. obrázek 7). Tato proměnná má vysokou variabilitu stejně jako ostatní proměnné použité k analýze vlivu světelných podmínek z toho lze usuzovat, že jsou na lokalitách různorodé světelné podmínky.

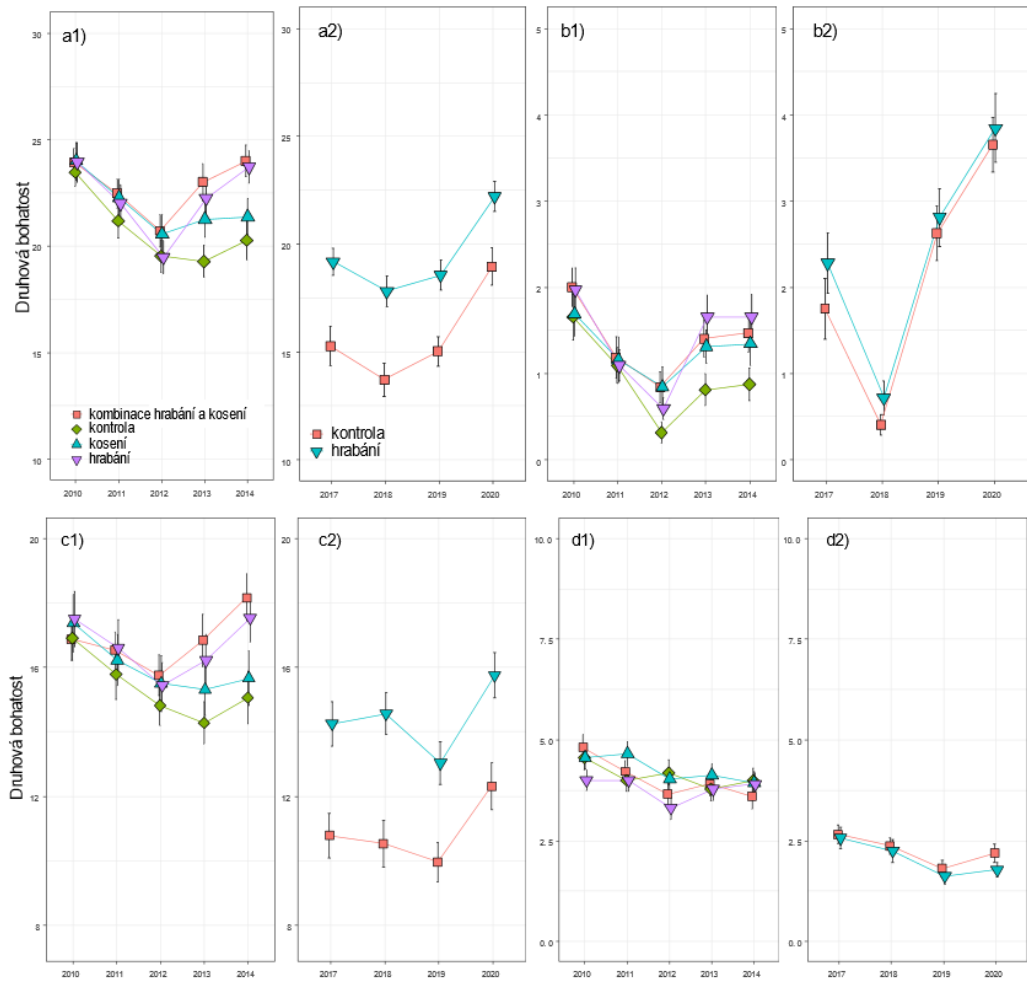


Obrázek 7 Histogram

K analýze vlivu hrabání listového opadu byl použit smíšený lineární model:

model = glmer (Richness ~ Year + Treatment +(1|Locality), data=data_2020, family=poisson)

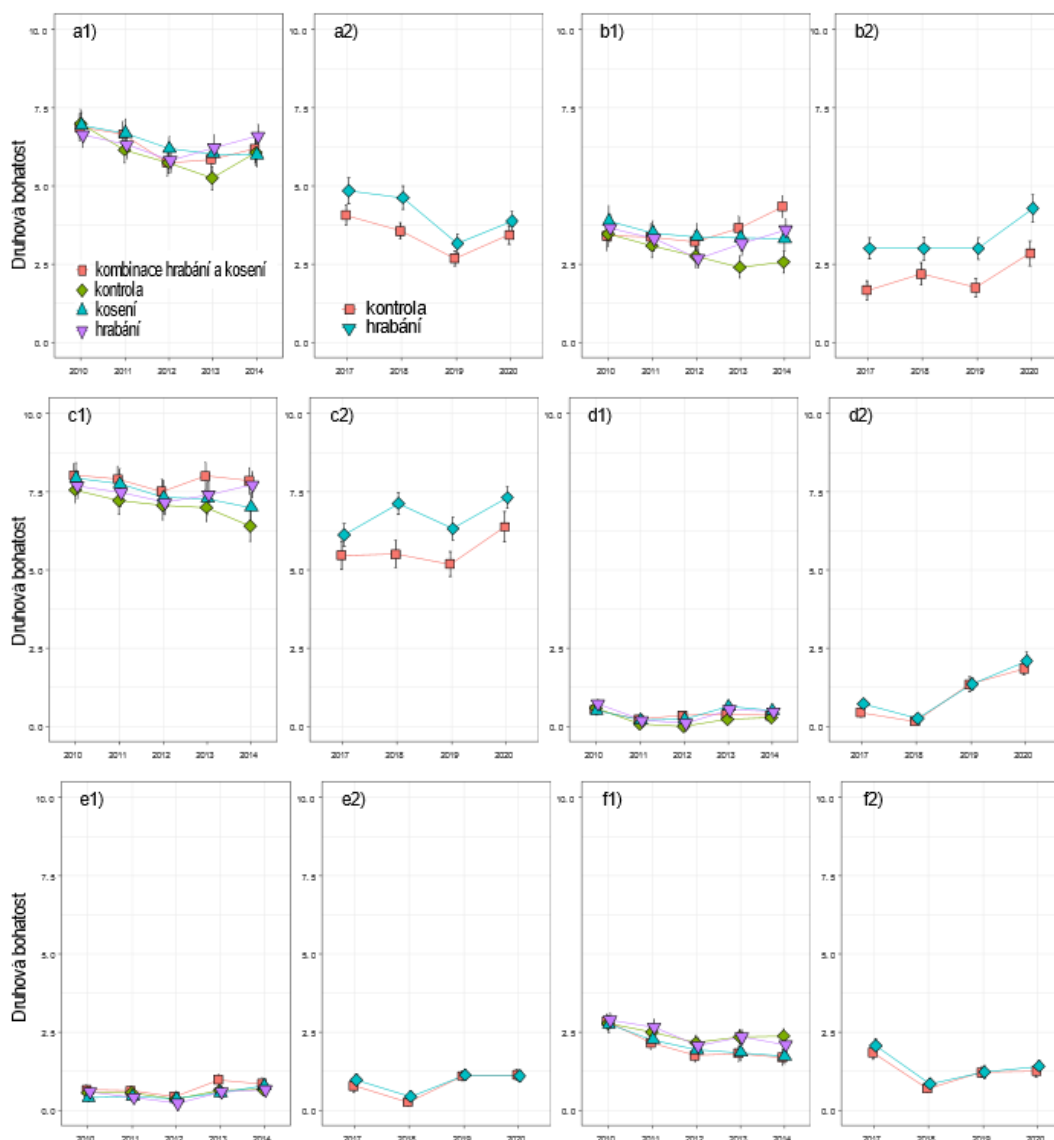
Modelem bylo zjištěno, že hrabání listového opadu má signifikantní vliv na druhovou diverzitu rostlin ve světlých doubravách ($p = 1.91e-12$, což je menší než stanovená hladina signifikance $p= 0,05$).



Obrázek 8 Grafy znázorňující závislost počtu druhů na způsobu provádění péče. Grafy a1 a a2 znázorňují závislost celkového počtu druhů. Grafy b1 a b2 znázorňují závislost počtu druhů jednoletých a dvouletých rostlin. Grafy c1 a c2 znázorňují závislost počtu druhů vytrvalých rostlin. Grafy d1 a d2 znázorňují závislost počtu druhů dřevin. U grafů a1 až d1 se vychází z dat získaných v letech 2010 až 2014, kdy byly prováděny tyto způsoby péče: kosení, hrabání, a jejich kombinace a kontrola na plochách, kde neprobíhala žádná péče. U grafů a2 až d2 vychází z dat získaných v letech 2017 až 2020, kdy se provádělo pouze hrabání a kontrola na plochách, kde neprobíhala žádná péče.

Z grafů (obrázek 8) je patrné, že hrabání listového opadu mělo celkově pozitivní vliv na počet druhů. Největší pozitivní vliv mělo hrabání na vytrvalé druhy rostlin.

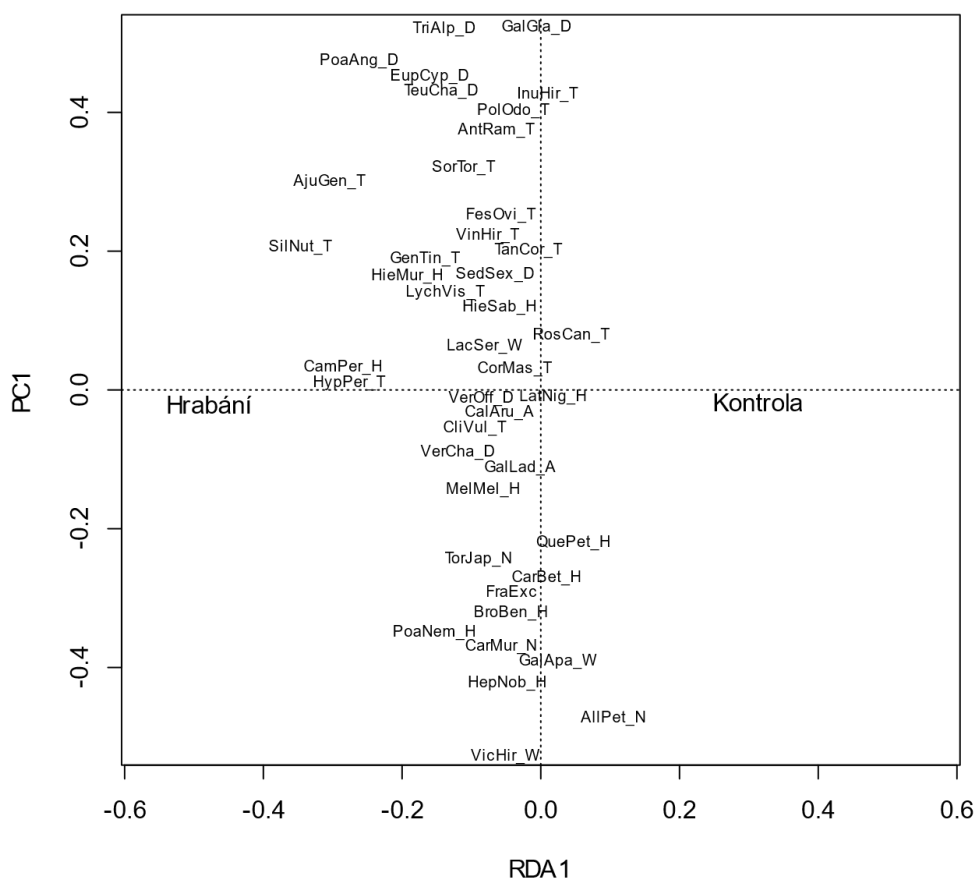
Pozitivní vliv je znatelný i na počet druhů rostlin jednoletých a dvouletých. Naopak negativní vliv je u dřevin.



Obrázek 9 Grafy znázorňující závislost počtu druhů na druhu zvolené péče. Grafy a1 a a2 znázorňují závislost počtu druhů rostoucích v dubohabřinách. Grafy b1 a b2 znázorňují závislost počtu druhů suchých travních porostů. Grafy c1 a c2 znázorňují závislost počtu druhů teplomilných doubrav. Grafy d1 a d2 znázorňují závislost počtu druhů plevelů. Grafy e1 a e2 znázorňují závislost počtu druhů rostoucích v lesích bohatých na živiny. Grafy f1 a f2 znázorňují závislost počtu druhů rostoucích v acidofilních dubových lesích. Grafy a1 až f1 se vychází z dat získaných v letech 2010 až 2014, kdy byly prováděny tyto způsoby péče: kosení, hrabání a jejich kombinace a kontrola. Grafy a2 až f2 vychází z dat získaných v letech 2017 až 2020, kdy se provádělo pouze hrabání a kontrola.

Z grafů (obrázek 9) je patrné, že hrabání listového opadu mělo největší pozitivní vliv na druhy suchých travních porostů. Pozitivní vliv ale v menším měřítku mělo hrabání na druhy teplomilných doubrav a dubohabřin. Na zbylé skupiny druhů (druhy

rostoucích v acidofilních doubravách, druhy rostoucí v lesích bohatých na živiny, druhy plevelné) nemělo hrabání listového opadu významný vliv.



Obrázek 10 Ordinační diagram znázorňující vliv hrabání na druhové složení vegetace

Vysvětlivky ke zkratkám v ordinačním diagramu:

Trifolium alpestre - TriAlp_D, *Galium glaucum* – GalGla_D, *Poa angustifolia* – PoaAng_D, *Euphorbia cyparissias* – EupCyp_D, *Teucrium chamaedrys* – TeuCha_D, *Inula hirta* – InuHir_T, *Polygonatum odoratum* – PolOdo_T, *Anthericum ramosum* – AntRam_T, *Sorbus torminalis* – SorTor_T, *Ajuga genevensis* – AjuGen_T, *Festuca ovina* – FesOvi_T, *Silene nutans* – SilNut_T, *Vincetoxicum hirundinaria* – VinHir_T, *Tanacetum corymbosum* – TanCor_T, *Hieracium murorum* – HieMur_H, *Sedum sexangulare* – SedSex_D, *Genista tinctoria* – GenTin_T, *Lychnis viscaria* – LychVis_T, *Hieracium sabaudum* – HieSab_H, *Rosa canina* – RosCan_T, *Lactuca serriola* – LacSer_W, *Cornus mas* – CorMas_T, *Campanula persicifolia* – CamPer_H, *Hypericum perforatum* – HypPer_T, *Veronica officinalis* – VerOff_D, *Lathyrus niger*

– LatNig_H, *Calamagrostis arundinacea* – CalAru_A, *Clinopodium vulgare* – CliVul_T, *Veronica chamaedrys* – VerCha_D, *Galeopsis ladanum* – GalLad_A, *Melittis melissophyllum* – MelMel_H, *Quercus petraea* – QuePet_H, *Torilis japonica* – TorJap_N, *Carpinus betulus* – CarBet_H, *Fraxinus excelsior* – FraExc, *Bromus benekenii* – BroBen_H, *Poa nemoralis* – PoaNem_H, *Carex muricata* agg. – CarMur_N, *Galium aparine* – GalApa_W, *Hepatica nobilis* – HepNob_H, *Alliaria petiolata* – AllPet_N, *Vicia hirsuta* – VicHir_W

Z ordinačního diagramu (obrázek 10) lze vyčíst, že na hrabání listového opadu nejlépe reagovaly druhy ze skupin teplomilných doubrav a druhy teplomilných trávníků jako jsou: *Poa angustifolia*, *Ajuga genevensis*, *Silene nutans*, *Hypericum perforatum* a *Campanula persicifolia*. Naopak negativně reagovaly druhy rostoucí v lesích bohatých na živiny a druhy plevelů jako jsou *Galium aparine* a *Alliaria petiolata*.

4.2 Floristické nálezy

V druhé části výzkumu v letech 2017-2020 bylo ve floristických snímcích nalezeno 193 druhů. Zde uvádím nalezené druhy zařazené do červeného seznamu cévnatých rostlin (Grulich Chobot 2017). Rostlinné druhy jsou rozřazeny takto: C2 silně ohrožené, C3 ohrožené druhy, C4 vzácnější druhy vyžadující pozornost. Jsou to tyto druhy:

mařinka barvířská pravá (*Asperula tinctoria*, C3), zvonek boloňský (*Campanula bononiensis*, C2), prstnatec bezový (*Dactylorhiza sambucina*, C2), třemdava bílá (*Dictamnus albus*, C3), konopice širolistá (*Galeopsis ladanum*, C4), svízel sivý (*Galium glaucum*, C4), jestřábník nasivělý (*Hieracium glaucinum*, C3), jestřábník skvrnitý (*Hieracium maculatum*, C4), oman srstnatý (*Inula hirta*, C3), tolíce nejmenší (*Medicago minima*, C3), medovník meduňkolistý (*Melittis melissophyllum*, C4), smldník jelení (*Peucedanum cervaria*, C4), růže galská (*Rosa gallica*, C3), ostružiník šedavý (*Rubus canescens*, C3), jeřáb muk (*Sorbus aria*, C2), jeřáb břek (*Sorbus torminalis*, C4), ožanka kalamandra (*Teucrium chamaedrys*, C4), jetel červenavý, *Trifolium rubens*, C3), vikev hrachovitá (*Vicia pisiformis*, C3)

5. Diskuze

5.1 Hodnocení vlivu hrabání na diverzitu rostlin

V průběhu let 2010 až 2020 byl na vrchu Vysoká stráň prováděn experiment, který měl za cíl zjistit vliv tradičních forem obhospodařování na podrostní vegetaci ve světlých doubravách.

V první části v letech 2010 až 2014 byly realizovány 3 formy péče (kosení, hrabání listového opadu a kombinace kosení a hrabání listového opadu). Zároveň byly vymezeny plochy, kde neprobíhal žádný zásah. Tyto plochy pak sloužily jako kontrola. V tomto experimentu bylo zjištěno, že hrabání má vliv na teplomilné lesní druhy a druhy suchých trávníků. Zatímco kosení porostů mělo vliv jen na druhy suchých trávníků (Douda et al. 2017).

V druhé části v letech 2017 až 2020 byl zkoumán pouze vliv hrabání listového opadu. Plochy zkoumané v předešlé části experimentu byly rovnoměrně rozděleny na hrabané plochy a plochy sloužící jako kontrola. Vyhodnocení dat ukázalo, že hrabání listového opadu má signifikantní vliv. Ovlivňuje především druhy teplomilných doubrav, druhy suchých trávníků a v menší míře i druhy rostoucí v dubohabřinách.

Experiment prokázal pozitivní vliv hrabání listového opadu, ale je třeba zmínit, že vliv a míra tohoto vlivu jsou závislé i na jiných faktorech jako jsou vegetační typ, charakter disturbancí způsobených obhospodařováním a jejich četnost. To platí i pro ostatní druhy tradičního obhospodařování. Všechny již zmíněné faktory mají vliv na to, do jaké míry obhospodařování napomůže udržení nebo navýšení druhové diverzity. V mnoha výzkumech, které probíhaly po celé Evropě, bylo dokázáno, že obnova historických forem obhospodařování má pozitivní účinek na biodiverzitu lesů v nížinách a teplých pahorkatinách. Obnova tradičního obhospodařování napomáhá i udržení řady druhů, které regionálně vymírají (Hédl et al. 2011/b).

Hrabání listového opadu, pokud není prováděno plošně, pomáhá utvářet větší heterogenitu prostředí, což je jeden ze základních faktorů určující druhovou rozmanitost ve společenstvech. Rostoucí heterogenita prostředí znamená větší počet mikrostanovišť, které umožní koexistenci různých druhů s odlišnými nároky na prostředí, a tím i zvyšující se druhové bohatství (Vild et al. 2018).

Další změnou, kterou způsobí hrabání listového opadu, je snižování množství živin v půdě, a to podporuje růst např. lipnice úzkolisté (*Poa angustifolia*), zběhovce lesního (*Ajuga genevensis*) nebo zvonku broskvolistého (*Campanula persicifolia*). Snižování množství živin odebráním biomasy ve formě listového opadu je velice efektivní. Tento efekt může být využit při ochraně stanovišť, které jsou ohrožovány atmosferickým spadem, protože množství odebraných živin několikanásobně převyšuje množství živin přijatých z atmosféry (Vild et al. 2015). Mezi druhy, jejichž růst hrabání listového opadu potlačuje jsou např. svízel přítula (*Galium aparine*) a česnáček lékařský (*Allaria petiolata*). Pravděpodobně je to způsobeno odebráním biomasy, protože tyto druhy se často vyskytují v půdách bohatých na živiny.

Jednou z nevýhod použití hrabání listového opadu jako ochrannářského managementu je jeho finanční náročnost a náročnost na lidskou pracovní sílu. Náročnost na finance by se mohla částečně snížit, pokud by se odebraná biomasa dále využila např. jako zdroj pro výrobu biopaliva (Dickens et al. 2012).

Další nevýhodou je, že se experimenty vlivu hrabání musí provádět v dlouhodobých časových horizontech, protože k vlivu na vegetaci může docházet velice pozvolně a významná změna ve vegetaci může nastat někdy až po 10 nebo 15 letech (Dzwonko et al. 2002, Vild et al. 2015). Nicméně změny vytvořené dlouhodobými experimenty zaměřenými na působení hrabání listového opadu na vegetaci přetrvávají i dlouho po ukončení experimentů (Vild et al. 2018).

5.2 Hodnocení vlivu světelných podmínek

Při analýze světelných podmínek bylo zjištěno, že z testovaných proměnných vyjadřujících světlo měla největší vliv Transmittation Direct (množství přímého slunečního záření), který však nebyl signifikantní. Průměrná hodnota proměnné byla 35 % a celkový rozsah hodnot od 9 do 67 %, což značí velkou variabilitu světelných podmínek.

Pro srovnání s dalšími studiemi uvádím hodnoty otevřenosti korunového zápoje. Průměrná hodnota 19 %, rozsah hodnot od 9 % do 33 %. Tyto hodnoty jsou znatelně nižší než ty, které byly uvedeny v diplomové práci ze stejné lokality v roce 2010. Průměrná hodnota tehdy byla 27,5 %, rozsah hodnot od 14 % do 42 % (Michna 2013). Tato změna může značit menší otevřenost korunového zápoje. Nicméně to může být způsobeno rozdílným zpracováním dat, protože v průběhu analýzy hemisférických

fotografií dochází k mnoha individuálním nastavením v programu Gap light Analyzer. I při pořizování fotek může dojít k řadě zkreslení např. vlivem počasí (Jonckheere et al. 2004).

V průběhu vyhodnocování dat bylo zjišťováno, zda nedochází k interakci mezi vlivem hrabání listového opadu a vlivem světelných podmínek. Tato interakce vyšla statisticky nevýznamně. Nedochází k vzájemnému působení světelných podmínek a hrabání listového opadu, které by výrazně ovlivnilo druhovou bohatost vegetace světlých doubrav.

Nesignifikantnost výsledků analýz světelných podmínek může být také způsobena vysokou prosvětleností stromového patra, která pravděpodobně nezávisí na velikosti mezer v zápoji, které umožňují vyšší průchodnost paprsků skrz koruny stromů (Yamamoto 2000).

Výsledky světelných podmínek naznačují, že se na dané lokalitě nevyskytují rostlinné druhy, které by ať už pozitivně či negativně reagovaly na změny v otevřenosti korunového zápoje případně na množství světla (přímého nebo rozptýleného). Faktorem určujícím diverzitu vegetace by zde mohla být půdní vlhkost (Douda et al. 2012) nebo typ podloží a půdní podmínky (Vild et al. 2015).

6. Závěr

Výsledky experimentu hrabání listového opadu prokázaly, že hrabání ovlivňuje diverzitu rostlinných druhů v podrostu. Některé skupiny druhů ovlivňuje pozitivně a jiné naopak negativně. Pozitivní vliv měl na skupiny druhů rostoucích v teplomilných doubravách a druhy suchých trávních porostů (např. *Poa angustifolia*, *Campanula persicifolia*, *Ajuga genevensis*). Negativní vliv má hrabání na druhy vázané na stanoviště s větším množstvím živin (např. *Galium aparine*, *Allaria petiolata*). To je způsobeno odebíráním biomasy, které ochuzuje půdy o živiny. Tento prokázaný vliv hrabání může být použit při ochranném managementu stanovišť, které jsou ohroženy obohacováním živinami například vlivem atmosférické depozice nebo smýváním hnojiv z okolních zemědělských ploch. Toto ohrožení je v posledních desetiletích stále více patrné a způsobuje úbytek diverzity rostlin nejen v lesních ekosystémech.

Jinými slovy by se dalo říct, že obnova tradičního obhospodařování lesa formou hrabání listového opadu vede k redukci druhů zapojených, stinných a vlhkých lesních porostů a k podpoře druhů přizpůsobených na světlé a řídké lesy. Návrat k této historické, zaniklé formě hospodaření by mohl napomoci k obnově vzácných rostlinných druhů v lesním podrostu.

Místní doubravy jsou přirozeně světlým typem porostu. Neprůkaznost světelných faktorů na vegetaci v podrostu potvrdila, že sluneční záření není v tomto dubovém porostu limitujícím faktorem, přesto že je otevřeností korunového zápoje velice variabilní (9-33 %). Světlo ale může být v interakci s jinými ekologickými faktory (např. s vlhkostí, s půdními podmínkami). Interakce se způsobem obhospodařování nebyla statisticky průkazná.

Proměnlivost rostlinných druhů na tomto stanovišti může být způsobena řadou dalších nevysvětlených proměnných vyskytujících se v prostředí. Například druhové složení stromového patra výrazně ovlivňuje prostředí ve spodních patrech, hlavně v bylinném patře. Druhové složení stromů pozměňuje chemismus půdy, úroveň kyselosti a biochemické procesy probíhající v půdě. Také mění prostorovou a časovou distribuci světla. To vše má vliv na hustotu a druhové složení vegetace v podrostu. K prohloubení poznatků o diverzitě rostlin na této lokalitě a čím je způsobena, by bylo vhodné se do budoucna zabývat zkoumáním dalších abiotických i biotických faktorů, které by mohly mít vliv na společenství rostlin na této lokalitě.

7. Literatura

- Altman J., Hédl R., Szabó P., Mazůrek P., Riedl V., Müllerová J., Kopecký M. & Doležal J., 2013: Tree-ring mirror management legacy: Dramatic response of standard oaks to past coppicing in Central Europe. *PloS one*, 8(2), e55770. (online) [cit.2021.02.04], dostupné z <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0055770>>.
- AOPK ČR, ©2021: Správa CHKO Český kras, Geologie (online) [cit.2021.01.24], dostupné z <<https://ceskykras.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/geologie/>>. (www1)
- AOPK ČR, ©2021: Správa CHKO Český kras, Geomorfologie a krasové jevy (online) [cit.2021.01.25], dostupné z <<https://ceskykras.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/geomorfologie-a-krasove-jevy/>>. (www2)
- Barbier S., Gosselin F. & Balandier P., 2008: Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved — A critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 254, 1-15.
- Buček A., Drobilová L. & Friedl M., 2011: Význam starobylých výmladkových lesů v územních systémech ekologické stability. In: ÚSES – zelená páteř krajiny: sborník příspěvků z konference 2011 (online) [cit.2021.02.02], dostupné z <<http://www.uses.cz/data/sbornik11/Bucek.pdf>>.
- Bürgi M. & Gimmi U., 2007: Three objectives of historical ecology: the case of litter collecting in Central European forests. *Landscape Ecology*, 22(1), 77-87.
- Bürgi M. & Gimmi U. & Struber M., 2013: Assessing traditional knowledge on forest uses to understand forest ecosystem dynamics. *Forest ecology and Management*, 289, 115-122.
- Culek M., Gurlich V., Laštůvka Z. & Divíšek J., 2013: Biogeografické regiony České republiky. Masarykova univerzita, Brno, 447 s.
- Čížek L., Šebek P., Bače R., Beneš J., Doležal J., Dvorský M., Miklín J. & Svoboda M., 2016: Metodika péče o druhově bohaté (světlé) lesy. Certifikovaná metodika. Biologické centrum AV ČR, České Budějovice, 126 s.

- Dickens E.D., Moorhead D.J. & Morris L.A. 2012: Pine straw – an economically important forest product in Georgia. University of Georgia, Athens, GA, US, 3 s.
- Dörner P. & Müllerová J., 2014: Od intenzivního pařezání k lesu ochrannému – analýza historického vývoje lesů na Karlštejnském panství. In: Bohemia centralis 32. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. 425-437.
- Douda J., Boublík K., Doudová J. & Kyncl M., 2017: Traditional forest management practices stop forest succession and bring back rare plant species. *Journal of applied ecology*, 54(3), 761–771.
- Douda J., Doudová-Kochánková J., Boublík K. & Drašnarová A., 2012: Plant species coexistence at local scale in temperate swamp forest: test of habitat heterogeneity hypothesis. *Oecologia*, 169, 523–534.
- Dušek D., Jurásek A., Kacálek D., Leugner J., Matějka K., Novák J., Souček J. & Šupák O., 2016: Představení „Katalogu pěstebních opatření pro zvýšení biodiverzity lesů v chráněných územích“ (online) [cit. 2021.02.07], dostupné z <https://www.infodatasys.cz/BiodivLes/sem2016_katalog.pdf>.
- Dzwonko Z. & Gawroński S., 2002: Effect of litter removal on species richness and acidification of a mixed oak-pine woodland. *Biological conservation*, 106(3), 389-398.
- Ellenberg H., 1988: *Vegetation ecology of Central Europe*. Cambridge University Press. S. 160-169.
- Endler J.A., 1993: The color of light in forests and its implications. *Ecological Monographs*, 63, 1-27.
- Erhardt A., 1985: Diurnal lepidoptera: sensitive indicators of cultivated and abandoned grassland. *Journal of Applied Ecology*, 22/3, 849–861.
- Evans G. D. & Coombe D. E., 1959: Hemispherical and woodland canopy photography and the light climate. *Journal of ecology*, 47, 103-113.
- Fajmon K. & Jongepierová I., 2015: Jak správně kosit?. *Ochrana přírody*, 2015/3, 31-34.
- Fanta J., 2007: Lesy a lesnictví ve střední Evropě: II. Z dávné historie využívání lesů. *Živa*, 2007/2, 65–68.

- Frazer G., Canham C. D. & Lertzman K. P., 1999: Gap Light Analyzer (GLA): Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, user manual and program documentation.
- Gilbert B. & Lechowicz M. J., 2004: Neutrality, niches, and dispersal in a temperate forest understory, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101/20, 7651-7656.
- Givnish T., 1988: Adaptation to Sun and Shade: a Whole-Plant Perspective. *Australian Journal of Plant Physiology*, 15(2), 63-92.
- Green J. & Bohannan B., 2006: Spatial scaling of microbial biodiversity. *Trends in ecology and evolution*. 21/9. 501-507.
- Grulich V., 2017: Červený seznam cévnatých rostlin ČR. In: Grulich V. & Chobot K (eds.): Červený seznam ohrožených druhů České republiky cévnaté rostliny. *Příroda 35*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. 75-132.
- Härdtle W., Oheimb G. & Westphal C., 2003: The effects of light and soil conditions on the species richness of the ground vegetation of deciduous forests in northern Germany (Schleswig-Holstein). *Forest Ecology and Management*, 182, 327–338.
- Hartel T., Dorresteijn I., Klein C., Máthé O., Moga C.I., Öllerer K., Roellig M., von Wehrden H. & Fischer J., 2013: Wood-pastures in a traditional rural region of Eastern Europe: Characteristics, management and status. *Biological Conservation*, 166, 267–275.
- Hédl R., 2003: Lesní vegetace NPR Děvín (CHKO a BR Pálava) po 50 letech samovolného vývoje a alternativy budoucího hospodaření. In: Karas J. (eds.): Vliv hospodářských zásahů a spontánní dynamiky porostů na stav lesních ekosystémů. Sborník příspěvků z konference v Kostelci nad Černými lesy, 20.–21. 11. 2003, ČZU Praha. 1-9. ISBN: 80-213-1082-0.
- Hédl R. & Szabó P., 2010: Hluboké hvozdy, nebo pokřivené křoví?. *Vesmír*, 89/4, 232–236.
- Hédl R., Szabó P., Riedl V. & Kopecký M., 2011/a: Tradiční lesní hospodaření ve střední Evropě I. Formy a podoby. *Živa*, 2011/b, 61–63.
- Hédl R., Szabó P., Riedl V. & Kopecký M., 2011/b: Tradiční lesní hospodaření ve střední Evropě, II. Lesy jako ekosystém. *Živa*, 2011/3, 108–110.

- Hofmeister J., Hošek J., Modrý M. & Roleček, J., 2009: The influence of light and nutrient availability on herb layer species richness in oak-dominated forests in central Bohemia. *Plant Ecology*, 205, 57-75.
- Horáčková J. & Tichý T., 2014: Květena a vegetace Národní přírodní rezervace Koda v Českém krasu. In: *Bohemia centralis* 32. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. 51-154.
- Chlupáč I., 2011: *Geologická minulost České republiky*. Academia, Praha, 436 s. ISBN 9788020019615.
- Jelaska S. D., Antonić O., Božić M., Križan J. & Kušan V., 2006: Responses of forest herbs to available understory light measured with hemispherical photographs in silver fir-beech forest in Croatia. *Ecological modelling*, 194, 209–218.
- Jirků M. & Dostál D., 2015: Alternativní management ekosystémů. Metodika zavedení chovu býložravých savců jako alternativního managementu vybraných lokalit. Certifikovaná metodika. Ministerstvo životního prostředí, Praha. (online) [cit.2021.02.04], dostupné z [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zavedeni_chovu_bylozravych_savcu_metodika/\\$FILE/OZCHP-TACR_Metodika_2015_Prirozena%20pastva_opr-20160324.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zavedeni_chovu_bylozravych_savcu_metodika/$FILE/OZCHP-TACR_Metodika_2015_Prirozena%20pastva_opr-20160324.pdf).
- Jonckheere I., Fleck S., Nackaerts K., Muys B., Coppin P., Weiss M. & Baret F., 2004: Review of methods for in situ leaf area index determination Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. *Agricultural and Forest Meteorology*, 121, 19-35.
- Jongepierová I., Pešout P. & Prach K., 2018: *Ekologická obnova v České republice II*. AOPK ČR, Praha, 204 s.
- Kadavý J., Kneifl M., Servus M., Knott R., Hurt V., Flora M., 2011: Nízký a střední les – plnohodnotná alternativa hospodaření malých a středních vlastníků lesa – obecná východiska. *Lesnická práce, s.r.o., Kostelec nad Černými lesy*, 296 s.
- Kirby K.J., Watkins C. (eds.), 2015: *Europe's changing woods and forests: from wildwood to managed landscapes*. CAB International, Wallingford, 371 s.
- Malcolm L. & Hunter Jr., 1999: *Maintaining biodiversity in forest ecosystems*. Cambridge university press, Cambridge, 680 s.

- Michna M., 2013: Vliv abiotických faktorů na vegetaci dubových pařezin. Diplomová práce, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí. Praha. 64 s.
- Moravec J., Husová M., Chytrý M. & Neuhauslová Z., 2000: Přehled vegetace České republiky, Svazek 2. Hygrofilní, mezofilní a xerofilní opadavé lesy. Academia, Praha, 319 s.
- 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.
- Neuhauslová Z., Moravejc J., Chytrý M., Sádlo J., Rybníček K., Kolbek J. & Jirásek J., 1998: Mapa potencionální přirozené vegetace České republiky. Akademie věd České republiky, Kartografie Praha – mapové dílo.
- Polanský B., 1956: Pěstění lesů III. díl. SZN, Praha, 595 s.
- Procházka S., Macháčková I., Krekule J. & Šebánek J., 2003: Fyziologie rostlin. Academia, Praha, 484 s.
- Slavíková J., 1986: Ekologie rostlin. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 366 s.
- Suchomel J., Kulhavý J., Zejda J., Plesník J. & Menšík L., 2010: Ekologie lesních ekosystémů. Skripta. Mendelova lesnická a zemědělská univerzita, Brno, 166 s (online) [cit.2021.03.03], dostupné z <https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Skripta_Ekologie_lesnich_ekosystemu.pdf>.
- Szabó P., 2009: Open woodland in Europe in the Mesolithic and in the Middle Ages: Can there be a connection?. *Forest Ecology and Management*, 257, 2327–2330.
- Szabó P., 2010: Driving forces of stability and change in woodland structure: A case-study from the Czech lowlands. *Forest Ecology and Management*, 259, 650-656.
- Šamonil P., 2007: Diverzita půd na vápencích Českého krasu: klasifikace půd a komparace klasifikačních systémů. In: *Bohemia centralis* 28. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. 7-30.
- Thimonier A., Dupouey J. L., Bost F., & Becker M., 1994: Simultaneous eutrophication and acidification of a forest ecosystem in North-East France. *New Phytologist*, 126(3), 533-539.

- Tinya F. & Ódor P., 2016: Congruence of the spatial pattern of light and understory vegetation in an old-growth, temperate mixed forest. *Forest Ecology and Management*, 381, 84-92.
- Utinek D., 2009: Rámcové směrnice pro pěstování středního lesa. *Ochrana přírody*, 2009/4, 12-14.
- Utinek D., 2014: Střední a nízký les – proč a jak?. *Ochrana přírody*, 4/2014, 12-15.
- Van Calster H., Baeten L., Verheyen K., De Keersmaecker L., Dekeyser S., Rogister J. E. & Hermy M., 2008: Diverging effects of overstorey conversion scenarios on the understory vegetation in a former coppice-with-standards forest. *Forest Ecology and Management*, 256, 519–528.
- Vera F.W.M., 2000: *Grazing ecology and forest history*. CABI Publishing, Wallingford. 506 s. ISBN: 9780851994420.
- Vild O., Kalwij J. M. & Hédli R., 2015: Effects of simulated historical tree litter raking on the understory vegetation in a central European forest. *Applied Vegetation Science*, 18(4), 569-578.
- Vild O., Šipoš J., Szabó P., Macek M., Chudomelová M., Kopecký M., Suchánková S., Houška J., Kotačka M. & Hédli R., 2018: Legacy of historical litter raking in temperate forest plant communities. *Journal of Vegetation Science*, 29(4), 596-606.
- Yamamoto S., 2000: Forest gap dynamics and tree regeneration. *Journal of forest research*, 5, 223-229.
- Zeidler M. 2017: Kosit či pást, to je oč tu běží. *Vesmír*, 2017/6, 321.
- Seznam map z internetu:
- URL 1: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.1314473&y=49.9630933&z=15>>, [cit.20.12.2020]
- URL 2: < <https://mapy.geology.cz/geocr500/>>, [cit 20.12.2020]