

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa



**Vegetace pasek a její vývoj v čase na plochách
experimentálního středního lesa v přírodní rezervaci Na Voskopě
(Chráněná krajinná oblast Český kras)**

Bakalářská práce

Autor: Nikola Budnikov

Vedoucí práce: Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Nikola Budnikov

Lesnictví

Lesnictví

Název práce

Vegetace pasek a její vývoj v čase na plochách experimentálního středního lesa v přírodní rezervaci Na Voskopě (Chráněná krajinná oblast Český kras)

Název anglicky

Vegetation of forest clearings and its temporal development on the plots of experimental coppice-with-standards woodland in the Nature Reserve *Na Voskopě* (Český kras Protected Landscape Area)

Cíle práce

Proces mezofilizace lesních porostů zapříčiňuje mj. ztrátu druhové bohatosti bylinného patra zejména v minulosti prosvětlovaných nížinných lesích s dominancí dubu. V rámci adaptivního managementu aplikovaného v chráněné krajinné oblasti Český kras bylo v posledním desetiletí přistoupeno k obnově výmladkového hospodaření v biologicky hodnotných porostech. Podle stávajících výsledků lze tvrdit, že paseky po těžbě hostí velmi cenné sukcesní porosty, s výskytem řady ohrožených druhů rostlin. Tento fakt je významnou motivací pro opětné zavedení šetrného pařezení ve zvláště chráněných územích. Hlavním cílem práce je vyhodnotit dynamiku vegetace experimentálního středního lesa v lokalitě Na Voskopě, kde je každým rokem již po čtyři sezóny zaznamenávána skladba pasekových porostů v trvalých výzkumných plochách.

Metodika

Student provede rešerši k problematice světlých lesů nížin a pahorkatin. Během letní sezóny dále provede fytoocenologické snímkování standardní metodou Curyšsko-Montpelliérské školy v trvalých kruhových plochách (o poloměru 8,5 m), na kterých se rozvíjí paseková vegetace po těžbách stromového patra od roku 2015, resp. od roku 2016. Data budou uložena do digitální databáze v programu TURBOVEG a bude provedena analýza trendu časového vývoje pasekové vegetace s využitím snímků pořízených v předešlých letech s využitím mnohorozměrných statistických metod v programu Canoco 5.

Doporučený rozsah práce

30-50 stran (řádkování 1,5; bez příloh)

Klíčová slova

Střední les, paseková vegetace, sukcesní vývoj, biodiverzita, bylinné patro, nížinné lesy, výmladkové hospodaření, teplomilné doubravy a dubohabřiny

Doporučené zdroje informací

- Buckley E.P. (ed.) (1992): Ecology and management of coppiced woodlands. – Champan & Hall, London, 336 p.
- Dörner P. & Müllerová J. (2014): Od intenzivního pařezení k lesu ochrannému – analýza historického vývoje lesů na Karlštejnském panství. – *Bohemia Centralis* 32: 425–437.
- Hermý M. & Verheyen K. (2007): Legacies of the past in the present-day forest biodiversity: a review of past land-use effects on forests plant species composition and diversity. – *Ecological Research* 22: 361–371.
- Kopecný M., Hédl R. & Szabó P. (2013): Non-random extinctions dominate plant community changes in abandoned coppices. – *Journal of Applied Ecology* 50: 79–87.
- Ložek V., Kubíková J., Špryňar P. a kol. (2005): Střední Čechy. – In: Mackovčín P. & Sedláček M. (eds), *Chráněná území ČR, svazek XIII, AOPK ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 904 p.*
- Möllerová J. & Viewegh J. (2005): Vegetation of the nature reserve Voskop (Protected Landscape Area Český kras) and possible trends of its development. – *Journal of Forest Science* 51, Special Issue: 24–28.
- Nedvěd O. (2018): Výskyt ohrožených rostlin na pasekách výmladkových lesů Českého krasu. – Ms., Bakal. práce, depon. in: *Fakulta lesnická a dřevařská, Praha-Suchdol, 55 p.*
- Thomas P.A. & Packham J.R. (2007): Ecology of woodlands and forests. – Cambridge University Press, Cambridge, 528 p.
- Vild O., Roleček J., Hédl R., Kopecný M. & Utinek D. (2013): Experimental restoration of coppice-with-standards: Response of understorey vegetation from the conservation perspective. – *Forest Ecology and Management* 310: 234–241.
- Zbúrová A. (2019): Květena pasek výmladkových lesů Českého krasu. – Ms., Bakal. práce, depon. in: *Fakulta lesnická a dřevařská, Praha-Suchdol, 82 p.*

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FLD

Vedoucí práce

Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Konzultant

Mgr. Petr Karlík

Elektronicky schváleno dne 10. 6. 2019

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 12. 04. 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Vegetace pasek a její vývoj v čase na plochách experimentálního středního lesa v přírodní rezervaci Na Voskopě (Chráněná krajinná oblast Český kras)“ vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Tomáše Černého, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 20. 4. 2021

Nikola Budnikov

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce Mgr. Tomáši Černému, Ph.D. za odborné vedení, trvalý zájem, trpělivost a hodnotné připomínky. Dále bych chtěl poděkovat Mgr. Petru Karlíkovi za pomoc při snímkování. Můj největší dík však patří rodičům za bezmeznou podporu.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá vývojem vegetace dvou pasek v experimentálním středním lese v přírodní rezervaci Na Voskopě a zkoumá vliv obnovy výmladkového hospodaření na druhovou bohatost. Předpokládá se, že paseky hostí velmi cenné sukcesní porosty s výskytem řady ohrožených druhů. Cílem bylo vyhodnotit dynamiku vegetace na deseti trvalých výzkumných plochách, kde každoročně probíhá od roku 2016 fytoocenologické snímkování.

Výzkumné plochy na pasekách jsou snímkovány metodou Curyšsko-Montpelliérské školy. Nasbíraná data z roku 2019 byla zadána do programu TURBOVEG, taxonomie byla společně s druhy nalezenými v předchozích letech sjednocena v programu JUICE a následně byly vyhodnoceny výsledky mnohorozměrných analýz v programu CANOCO 5 za vstupu dat s environmentálními faktory a fytoocenologickými zápisy.

Druhová bohatost se od výchozího stavu z roku 2013 po smýcení stromového patra zvýšila v průměru 2,6krát. Předržením výmladkového lesa do vysokokmenné podoby se na sledovaných plochách projevila mezofilizace, po smýcení se děje opačný proces a v současné době dochází k ruderalizaci. Druhově bohatší snímky se nacházejí na pasece, kde není zamezeno přístupu spárkaté zvěře oplocením. Její vegetace vlivem okusu směřuje spíše k stepním trávníkům, než ke křovinám nebo lesu. Na plochách bylo roku 2019 nalezeno celkem 23 druhů rostlin zařazených do červeného seznamu cévnatých ČR. Nejvýznamnějšími druhy jsou *Anemone sylvestris*, *Asperula tinctoria*, *Lappula squarrosa* a *Teucrium botrys*.

Klíčová slova: Střední les, paseková vegetace, sukcesní vývoj, biodiverzita, bylinné patro, nížinné lesy, výmladkové hospodaření, teplomilné doubravy a dubohabřiny

Abstract

This bachelor's thesis deals with the vegetation development of two clearings in the experimental coppice-with-standards woodland in the Nature Reserve Na Voskopě and examines the effect of the coppice management reintroduction on species richness. It is assumed that the clearings host very valuable succession stands with the occurrence of a number of endangered species. The aim was to evaluate the dynamics of vegetation in ten permanent research plots, where phytosociological surveying has been carried out every year since 2016.

Research plots within the clearings are recorded by the method of the Zurich-Montpellier School. The collected data from the year 2019 were entered into the TURBOVEG database program, the taxonomy together with the species found in previous years was unified in the JUICE program and subsequently the multivariate analyses were performed and evaluated in the CANOCO 5 program using the data with the environmental factors and phytosociological records.

Species richness had increased by an average of 2.6 times since the initial state of 2013 after the cutting of the tree layer. By the spontaneous conversion of coppice forest into a high-forest mesophication took the place, after felling the trees the opposite process takes place and another process of ruderalization is also currently in progress. Species-richer records are found on a clearing, where the access of ungulates is not prevented by a fence. However, due to the deer browsing, its vegetation tends towards steppe grassland rather than shrubs or forest. In 2019, 23 herbaceous species in total enumerated to the Czech Red List of vascular were found on the plots. As the rarest species we can mention *Anemone sylvestris*, *Asperula tinctoria*, *Lappula squarrosa* and *Teucrium botrys*.

Keywords: Coppice-with-standards woodland, clearing communities, succession development, biodiversity, herbaceous layer, lowland forests, coppice management, thermophilous oak forests, oak-hornbeam forests

Obsah

1	ÚVOD A REŠERŠE	1
1.1	ÚVOD.....	1
1.2	CHARAKTERISTIKA SVĚTLÝCH LESŮ NÍŽIN A PAHORKATIN	3
1.2.1	<i>Definice světlých lesů a jejich problematika</i>	3
1.2.2	<i>Světlo</i>	4
1.2.3	<i>Živiny</i>	4
1.2.4	<i>Geografie</i>	5
1.2.5	<i>Historie</i>	5
1.2.6	<i>Nízký les</i>	6
1.2.7	<i>Střední les</i>	7
1.3	CHKO ČESKÝ KRAS	8
1.3.1	<i>Obecná charakteristika a lokalizace</i>	8
1.3.2	<i>Geologie.....</i>	8
1.3.3	<i>Rozdělení krajiny.....</i>	9
1.3.4	<i>Předmět ochrany</i>	9
1.3.4.1	<i>Flóra.....</i>	9
1.3.4.2	<i>Fauna</i>	11
1.3.5	<i>Historie využití krajiny a lesních biotopů</i>	12
1.4	PR NA VOSKOPĚ	14
1.4.1	<i>Charakteristika a lokalizace území</i>	14
1.4.2	<i>Možný původ lesních biotopů</i>	14
1.4.3	<i>Geologie.....</i>	15
1.4.4	<i>Dřevinná skladba</i>	16
1.4.5	<i>Předmět ochrany</i>	16
1.4.5.1	<i>Flóra.....</i>	16
1.4.5.2	<i>Fauna</i>	17
2	METODIKA.....	18
2.1	FYTOCENOLOGIE A FYTOCENOLOGICKÉ SNÍMKOVÁNÍ	18
2.2	ZKUSNÉ PLOCHY V PR NA VOSKOPĚ	18
2.3	SBĚR DAT	21
2.4	ZPRACOVÁNÍ DAT.....	21
2.4.1	<i>Typy použitých analýz.....</i>	22
2.4.2	<i>Analýzy PCA</i>	23
2.4.3	<i>Analýzy RDA.....</i>	23
3	VÝSLEDKY	26
3.1	ANALÝZA PCA S BYLINNÝMI DRUHY	26

3.2	ANALÝZA PCA S DRUHY DŘEVIN	29
3.3	RDA ANALÝZA BYLIN S POSTUPNÝM VÝBĚREM PROMĚNNÝCH	31
3.4	RDA ANALÝZA DŘEVIN S POSTUPNÝM VÝBĚREM PROMĚNNÝCH	35
3.5	RDA ANALÝZA BYLIN S PROMĚNNOU OPLOCENÍ A POSTUPNÝM VÝBĚREM DALŠÍCH PROMĚNNÝCH	36
3.6	RDA ANALÝZA DŘEVIN S PROMĚNNOU OPLOCENÍ A POSTUPNÝM VÝBĚREM DALŠÍCH PROMĚNNÝCH ..	37
3.7	RDA ANALÝZA BYLIN S PROMĚNNOU OPLOCENÍ	40
3.8	RDA ANALÝZA DŘEVIN S PROMĚNNOU OPLOCENÍ	42
4	DISKUSE	45
4.1	SUKCESNÍ ZMĚNY V PASEKOVÉ VEGETACI	45
4.2	DRUHOVÁ BOHATOST A EFEKT SVĚTLA V LESE	46
4.3	VLIV ZVĚŘE	48
5	ZÁVĚR.....	50
6	LITERATURA.....	51

1 Úvod a rešerše

1.1 Úvod

Světlý les byl před příchodem člověka do krajiny běžným biotopem, který byl udržován vlivem velkých herbivorů, ohně a říční dynamiky. Příchod člověka tento stav narušil, protože vliv těchto faktorů odstranil nebo výrazně omezil. Od té doby se světlé lesy vyskytovaly spíše ve formě výmladkově obhospodařovaných porostů. V současné době jsou v České republice podle Čížka et al. (2016) na ústupu. Výmladkové lesy zaujímají jen 0,3–1,5 % plochy všech lesů ČR, přičemž lesy tvoří 33,1 % její rozlohy. Světlomilné druhy s vazbou na les jsou v Evropě rovněž na ústupu (Hédl et al. 2011b).

Lesy nížin a teplých pahorkatin byly do nedávna díky metodám tradičního managementu výrazně světlejší než dnes. S největší pravděpodobností u nás byla krajina nížin a pahorkatin po celé období holocénu mozaikovitě pokryta lesy a bezlesím. Nížiny se vyznačují nadmořskou výškou 0–300 m n. m. a leží v dubovém a bukodubovém až dubobukovém lesním vegetačním stupni. Pahorkatiny se vyskytují v nadmořské výšce 200–600 m n. m., v ČR jsou značně rozšířeny a tvoří největší plochy. Pokrývají dubový, bukodubový a dubobukový lesní vegetační stupeň.

Světlý les je ekosystém, kde se míchá les s bezlesím bez ohledu na poměr mezi jedním a druhým. V takových porostech se vyskytuje široká škála světelných podmínek, najdeme v nich i extrémy jako je silný zástín nebo přímá expozice vůči slunci. Taková široká škála podmínek poskytuje prostor pro život druhům lesa i bezlesí. Na velkých plochách mezi sebou žijí druhy stín-tolerantní i světlomilné.

Zachování světlých lesů je důležité pro život mnoha druhů organismů, které potřebují právě takovýto specifický biotop. Před příchodem člověka do krajiny takové organismy žily v prostředí, kde působily dnes už člověkem eliminované disturbance. Tyto organismy jsou adaptovány na lesy, kde je vhodným managementem zajišťován dostatek světla. Současná forma obhospodařování lesů je pro ně však hrozbou, protože má za výsledek pouze plně zapojený les, anebo úplné bezlesí. To je problém pro ohrožené druhy vázané na světlé lesy, například zvonovec liliolistý (*Adenophora liliifolia*), třemdavu bílou (*Dictamnus albus*),

kosatec různobarvý (*Iris variegata*), lilii zlatohlavou (*Lilium martagon*) a bělozářku větevnatou (*Anthericum ramosum*).

V této práci se zabývám dynamikou vývoje rostlinných druhů na mladých pasekách v Přírodní rezervaci Na Voskopě situované na západě CHKO Český kras. Na těchto pasekách se v historii nacházely výmladkové lesy a v současné době hostí sukcesní porosty s vysokou biodiverzitou. V teoretické části jsem se zabýval problematikou světlých lesů nížin a pahorkatin, přírodními podmínkami CHKO Český kras a modelovaným územím PR Na Voskopě. V praktické části jsem snímkoval trvalé zkusné plochy na dvou pasekách v PR Na Voskopě. Získaná data jsem dále převedl do programu TURBOVEG a provedl jejich úpravu v programu JUICE. Z těchto dat jsem provedl v programu CANOCO 5 mnohorozměrné analýzy s grafickými výstupy v podobě ordinačních diagramů.

1.2 Charakteristika světlých lesů nížin a pahorkatin

1.2.1 Definice světlých lesů a jejich problematika

Světlý les je přechod mezi úplným bezlesím a plně zapojeným lesem. Pro vše, co není zapojený les, lze v anglickém jazyce použít pojem *open woodland*. Může jít o proředěný les, ale také o jiná stanoviště, kde se míchá les a bezlesí bez ohledu na poměr mezi jedním a druhým, například mokřad, xerothermní lesostep nebo zámecký park. Světlý les je typem vegetace, která na jednom místě umožňuje koexistovat organismům lesa i bezlesí. Půda mezi stromy může být holá, prorostlá řídkým, zapojeným, nízkým, či vysokostébelným trávnikem, ale i křovinami, případně jakoukoliv jejich kombinací (Čížek et al. 2016).

Světlé lesy byly často udržovány stejnými faktory jako bezlesí, pouze s menší intenzitou. Těmi faktory byly především pastva a vypalování. Pastvou a vypalováním s různou intenzitou vznikala pestrá mozaika vegetace s různým zastoupením dřevin. V současné době je na bezlesí vlivem využívání moderní techniky znemožněno uchycení a přežití jakékoliv rozptýlené dřevinné vegetace. V lesích chybí mechanismy, které by udržovaly drobné plochy bezlesí, a to vede k plnému zápoji korun. Vzniká tím hranice striktně oddělující les a bezlesí a z kontinua mezi zapojeným lesem a úplným bezlesím zůstávají jen tyto dva extrémy, které jsou problémem pro organismy, kterým nevyhovují (Čížek et al. 2016). Do nedávna se světlý les udržoval ve formě výmladkového lesa, ten představoval systém příznivý pro život mnoha druhů organismů, již jsou dnes ohrožené (Hédl et al. 2011a).

Na řídké lesy je vázané obrovské přírodní bohatství. Organismy závislé na řídkých lesích jsou adaptovány na lesy ovlivněné lidskou činností, jako například sběr klestu, sklizeň letniny, lesní pastva, hrabání steliva nebo pařezení. Před příchodem člověka do krajiny ve světlých lesích hrály roli různé disturbanční faktory abiotického i biotického původu, například říční dynamika, oheň a činnost velkých herbivorů. Člověk tyto faktory v krajině silně eliminoval ve dvou posledních staletích. Z ohrožených druhů rostlin, kterým vyhovuje výmladkové hospodaření lze zmínit například zvonovec liliolistý (*Adenophora liliifolia*), třemdavu bílou (*Dictamnus albus*), kosatec různobarvý (*Iris variegata*), lilii

zlatohlavou (*Lilium martagon*) (Čížek et al. 2016) a bělozářku větevnatou (*Anthericum ramosum*) (Chytrý 2013).

1.2.2 Světlo

V lesích se dříve nacházely světlomilné druhy, některé z nich ale v dnešní době najdeme porůznu spíše na pasekách. Většina takovýchto druhů se kvůli zintenzivnění hospodaření v lesích stala vzácnějšími a byla vytlačena mimo les na příhodnější stanoviště. Světlomilné druhy s vazbou na les jsou v Evropě na ústupu (Hédl et al. 2011b).

Světlo je v lese důležitým faktorem ovlivňujícím kompetici mezi rostlinami. Světlé lesy poskytují příhodné podmínky pro koexistenci světlomilných i stín-tolerantních druhů organismů. Tyto podmínky jsou v případě výmladkových lesů udržovány vhodným managementem. Výmladkový les díky krátké době obmýetí tvoří mozaiku postupných fází dorůstání, takže se v něm nachází jak silně zastíněná místa, tak i zcela otevřené plochy. Díky době obmýetí se v krátké periodě na všech místech střídají světelné extrémy. Mnoho lesních druhů má jen omezenou migrační schopnost a v soudobém lese vysokém, kde je uplatňuje dlouhá doba obmýetí, nemají takové druhy kvůli nepříznivým světelným podmínkám šanci na přežití. Ze světlomilných druhů přežívají zejména druhy, které mají dobrou migrační schopnost. Bývají to druhy s větším množstvím lehkých semen, například některé druhy rodu *Campanula* (Hédl et al. 2011b).

Po odtěžení výmladkového porostu se v prvních letech do podrostu dostává nejvíce světla v letním období, po zapojení korun se dostává nejvíce světla do podrostu v jarním období, než se dřeviny olistí a omezí přístup světla do bylinného patra. To ovlivňuje zastoupení druhů podle jejich reprodukčních strategií. S převodem nízkého lesa na les vysoký byly kombinace druhů s různými nároky na světlo a různou dobou kvetení omezeny (Hédl et al. 2011b).

1.2.3 Živiny

Kvůli intenzivnímu a dlouhodobému odnímání biomasy byly lesy živinově chudší než dnes. Evropské ekosystémy měly obecně málo dusíku a nejspíše i fosforu. Když se v 19. a 20. století zvýšil věk lesa a doba obmýetí, obsah dusíku v lesních ekosystémech stoupl. V posledních desetiletích nárůst dusíku podpořilo

plošné uvolňování této živiny z fosilních paliv (Hédl et al. 2011b). Dnes jsou evropské lesy přesyceny dusíkem (Oulehle et al. 2006), a to vede ke ztrátě druhové bohatosti (Hofmeister et al. 2012).

1.2.4 Geografie

Nížiny jsou typem georeliéfu, který je plochý nebo málo zvlněný o výškovém rozdílu do 75 metrů a který se vyznačuje nadmořskou výškou od 0 do 300 metrů. Jsou obvykle tvořeny zpevněnými či nezpevněnými a nezvrásněnými sedimentárními horninami a díky protékajícím řekám jsou zde zanechávány úrodné povodňové sedimenty. Nachází se v planárním výškovém stupni a v dubovém a bukodubovém lesním vegetačním stupni. Protože se nížiny vyskytují do 300 m n. m., lze na nich nalézt i dubobukový vegetační stupeň, který začíná v 300 m n. m. (Demek 2006).

Pahorkatiny se vyskytují v rozpětí nadmořské výšky v průměru 200 až 600 m n. m. (Skalický 1988), tvoří je mírně zvlněný reliéf s vnitřní výškovou členitostí od 30 do 150 m. V ČR jsou značně rozšířeny a tvoří největší plochy. Bývají vzniklé odnosem zvrásněných a přeměněných hornin, nazývají se erozně denudační pahorkatiny. Nížinné pahorkatiny mají erozně akumulární nebo akumulární povrch. V pahorkatinách se vyskytuje dubový, bukodubový a dubobukový až bukový (1.–4.) lesní vegetační stupeň (Demek 2006).

1.2.5 Historie

V 6. tisíciletí před naším letopočtem se u nás začalo šířit neolitické zemědělství, které tvořilo tlak na udržování bezlesých ploch. S největší pravděpodobností u nás byly nížiny a pahorkatiny po celé období holocénu mozaikovitou krajinou pokrytou lesnatými a bezlesými úseky. Jejich poměr však kolísal v závislosti na klimatických změnách a změnách hustoty osídlení během různých období. Horské a podhorské oblasti však byly dominantně neosídleny a díky tomu byly téměř souvisle pokryty lesy (Chytrý 2013).

Lesy nížin jsou intenzivně hospodářsky využívány nejpozději od neolitu. V minulosti byla ekonomika z velké části závislá na energii z biomasy poskytované lesem, dřevo představovalo až do rozšíření uhlí v 19. století hlavní zdroj paliva, což znamenalo maximální zefektivnění odnímání dřevní biomasy. Těžily

se co nejmenší možné kmeny použitelné k danému účelu. K topení se užívaly otýpky vázané z tenkých výmladků, nepoužívaly se kmeny, které bylo nutno rozřezat. Poměrně malé stromy se využívaly i pro stavbu domů, protože veškerou práci dělali lidé vlastní silou, rukama a sekyrou (Hédl et al. 2011a). Doba obmýti pařezin nepřesahovala až do 19. století 15–20 let, ve středověku se pohybovala obvykle okolo 7 let (Hédl et al. 2011b). Významné bylo pálení dřevěného uhlí většinou přímo na místě. Důvodem výroby dřevěného uhlí bylo ušetření dopravních nákladů a vyšší výhřevnost pro tavení kovových rud v kovárnách, které byly prakticky v každé vesnici. Les se obnovoval přirozeně, nikoli výsadbou, v nížinných oblastech to bylo převážně výmladkově a někdy sítí (Hédl et al. 2011a). Výmladkovým způsobem se u nás hospodařilo ještě v první polovině 20. století. S koncem druhé světové války a větší dostupností fosilních paliv se s pařezemím přestalo (Müllerová et al. 2015).

Lesy nížin a teplých pahorkatin byly až donedávna díky metodám tradičního lesnického hospodaření výrazně světlejší než dnes. Lesní druhy náročné na světlo během 20. století rychle ubyly (Hédl et al. 2011b). V současné době v České republice tvoří z celkové rozlohy lesů odhadem jen 0,3–1,5 % výmladkové lesy, v přepočtu jde o plochu 1000–40 000 ha (Čížek et al. 2016). Podle nejnovější Zprávy o stavu lesa a lesního hospodářství (Ministerstvo zemědělství 2020) je celková rozloha lesů v ČR 2 613 894 ha. Z rozlohy ČR, která podle Statistické ročenky České republiky (Český statistický úřad 2020) činí 78 870 km², tedy zaujímají lesní plochy 33,1 % z celkové rozlohy ČR.

1.2.6 Nízký les

Les nízký je hospodářský tvar lesa s jednou etáží založený především na systematicky se opakované vegetativní obnově pařezovými, popřípadě kořenovými výmladky (Kadavý et al. 2011). V případě, že je kombinován s výstavky převážně semenného původu, je označován jako les střední. Výmladkové lesy jsou člověkem podmíněná přirozená společenstva, která vznikla, anebo jsou udržována lidskou činností. Přesto se vyznačují vysokou biodiverzitou planě rostoucích rostlin, živočichů a vyšší ekologickou stabilitou. Jedná se o prastarou formu trvale udržitelného využívání lesa nížin a teplých pahorkatin 1.–3. lesního vegetačního stupně (Buček et al. 2011).

Pařezení vytvořilo lesy s velmi specializovanou ekologií na rozdíl od původních lesů, nebo hospodářských lesů, které je nahradily. Je v nich pravidelně více světla, vyskytuje se v nich méně dospělých stromů a odumřelé dřevní hmoty a větší diverzita rostlinných a živočišných druhů, jejichž nika je na hraně lesního prostředí. Výmladkové lesy jsou obývány druhy, které pravděpodobně pocházely přímo z původních lesů. Obsahují velký podíl vzácných a místních původních rostlinných a bezobratlých živočišných druhů, o nichž je známo, že mají zpravidla velmi omezenou schopnost disperze a kolonizace (Buckley 1992).

Výmladky obřezají z pařezu kmene poté, co byl useknut těsně u země. Využívaly se pro rychlou produkci dřeva, a proto byly v historii nejvýznamnějším a nejrozšířenějším typem lesa. Výmladkové lesy selektují druhy dřevin, které dobře obřezají z kambia sekundárních meristémů (Hédl et al. 2011a). Jejich princip tedy spočívá v pokácení stromu a jeho následné obnovy ze spících nebo adventivních pupenů na pařezech nebo kořenech (Buček et al. 2011). Mezi takové dřeviny nepatří jehličnany, protože druhotně téměř neobřezají. Některé dřeviny jsou bujným obřezáním adaptovány na ekologické prostředí, kde se vyskytují bez přispění člověka. Vyskytují se zejména na nestabilních substrátech, např. na sutích nebo říčních náplavech (Hédl et al. 2011a).

Strukturu pařezin představují polykormony kmenů, to jsou svazky kmínků z jednoho pařezu, vyrůstají tedy z jednoho základu. Dřevo takových kmínků se většinou nehodí ke stavebním účelům, ale na topení je ideální. Výmladkový způsob obnovy byl proto často kombinován s různou příměsí stromů vzniklých ze semene. Cíleně ponechávání jedinci se nazývají výstavky a oproti výmladkům měly mnohem delší obnovní dobu. Výmladkové pařezy mohou být starší než výstavky, které obvykle dosahují stáří kolem sta let, výjimečně i několika set let (Hédl et al. 2011a).

1.2.7 Střední les

Střední les je víceetážový útvar lesa s hlavní, především výmladkovou etáží a několika etážemi věkově odstupňovaných výstavků. Střední lesy jsou obnovovány převážně výmladky, ale na obnově se podílí také generativní způsob, kdy se snažíme ze semen vypěstovat jedince pro budoucí horní etáž. Výstižnějším

názvem je les sdružený, protože sdružuje dva způsoby obnovy, několik etází a většinou i několik druhů dřevin. Výstavková etáž může být jen jedna a výstavky mohou vzniknout i vegetativně. Interval odstupňování je dán obmýtím hlavní výmladkové etáže. Interval je možné nastavit, podobně jako u pařeziny, v závislosti na druhu dřevin a stanovišti na 25–40 let. Způsob hospodaření je odlišný v hlavní výmladkové etáži, kde se v obmýtí těží prakticky holosečně s ponecháním výstavků převážně semenného původu, kterými jsou jedinci nadějného vzrůstu s předpokladem, že se dožijí násobků obmýtí hlavní etáže. Ve výstavkové etáži se hospodář téměř výběrným způsobem (Utinek 2014).

1.3 CHKO Český kras

1.3.1 Obecná charakteristika a lokalizace

CHKO Český kras byla vyhlášena výnosem Ministerstva kultury ČSR pod čj. 4. 947/72-II/2 ze dne 12. dubna 1972 na území o rozloze 12 823 ha (Ložek et al. 2005), tvoří podstatnou částí Karlštejského bioregionu, jehož rozloha činí 44 700 ha (Culek 2013). CHKO náleží ke dvěma okresům, jimiž jsou Beroun a Praha-západ a také k části obvodu Prahy 5 v Karlštejské vrchovině (Ložek et al. 2005). Zahrnuje 21 maloplošných chráněných území, jimiž je 6 národních přírodních památek, 9 přírodních rezervací a 6 přírodních památek (AOPK ČR 2018a). Nejnižším bodem v chráněné krajinné oblasti je hladina Berounky u Hlásné Třebáně (199 m n. m.) a nejvyšším bodem vrchol Bacín (498,9 m n. m) severovýchodně od obce Vinařice (Ložek et al. 2005).

1.3.2 Geologie

Geologický podklad je tvořen vápencovými souvrstvími uloženými v moři prvohorní pánve, která má eliptický tvar a rozprostírá se jihozápadně od Brandýsa nad Labem ke Starému Plzenci u Plzně. Od ordoviku do středního devonu se zde nepřetržitě usazovaly mořské sedimenty. Jedná se také o největší vápencové území v Čechách, kde jsou zachovalé rozsáhlé plochy společenstev skalních stepí, lesostepí a listnatých lesů na nichž se nachází velmi bohatá přirozená flóra a fauna. Oblast má i svého endemita jímž je jeřáb krasový (*Sorbus eximia*) rostoucí

v šipákových doubravách a na skalních stráních. Biodiverzita je na tomto území značně zvýšena působením krasového a říčního fenoménu (Ložek et al. 2005).

1.3.3 Rozdělení krajiny

V CHKO Český kras v současnosti není dostatek luk a pastvin, převažují lesy a pole. Schází také vodní plochy, jejich nedostatek je však pro středoevropská krasová území běžný. Chráněná krajinná oblast je z 38 % kryta lesy, kde se provádí pouze nahodilá těžba v případě kalamit zapříčiněných několikaletým suchem, zhruba polovina plochy CHKO je tvořena zemědělskými plochami, z nichž je 60 % řazeno k extrémně ohroženým erozí. Jedním z dalších důležitých faktorů je těžba nerostných surovin, na které je chráněná krajinná oblast bohatá. Nachází se v ní devět schválených dobývacích prostorů, jejichž rozloha činí 7 % z celkové plochy oblasti (Ložek et al. 2005).

1.3.4 Předmět ochrany

1.3.4.1 Flóra

V Českém krasu se vyskytuje několik desítek ohrožených až kriticky ohrožených rostlinných druhů. Mezi ně patří například čilimník řezenský (*Chamaecystisus ratibonensis*), zimozrázek alpský (*Polygala chamaebuxus*), svým reliktním rozšířením důležité rostliny včelník rakouský (*Dracocephalum austriacum*), lipnice bádenská (*Poa badensis*), hlaváček jarní (*Adonis vernalis*), trýzel škardolistý (*Erysimum crepidifolium*), kavyl tenkolistý (*Stipa stenophylla*), hadí mord nachový (*Scorzonera purpurea*) a další. Český kras je také jedinou větší oblastí, kde roste silně ohrožený devaterníček šedý (*Rhodax canus*) a Karlštejnsko je jedinou oblastí v Čechách, kde se vyskytuje rudohlávek jehlancovitý (*Anacamptis pyramidalis*) a jednou ze dvou lokalit, kde roste prorostlík prutnatý (*Bupleurum affine*) (Ložek et al. 2005).

Na skalních stepích a v šipákových doubravách roste apomikticky se rozmnožující jeřáb krasový (*Sorbus eximia*), který je zároveň endemitem Českého krasu. Mezi nejčinnější společenstva patří šipákové doubravy s dřínem (vegetační asociace *Lathyro versicoloris-Quercetum pubescentis*), rostou v nich rozvolněné a často zakrslé porosty na mělkých rendzinách na podkladu vápenců.

Kromě dubu pýřitého (*Quercus pubescens*) v těchto doubravách rostou dřeviny převážně keřového vzrůstu, jimiž jsou například dřín jarní (*Cornus mas*), svída krvavá (*Swida sanguinea*), jeřáb muk (*Sorbus aria*), jeřáb břek (*S. torminalis*), hlohy (*Crataegus* spp.), růže (*Rosa* spp.), ptačí zob obecný (*Ligustrum vulgare*), dříšťál obecný (*Berberis vulgaris*), skalník celokrajný (*Cotoneaster integerrimus*), řešetlák počistivý (*Rhamnus cathartica*) a další (Ložek et al. 2005).

V šipákových doubravách se vyskytuje druhově bohaté bylinné patro, v němž roste například třemdava bílá (*Dictamnus albus*), sasanka lesní (*Anemone sylvestris*), hrachor chlumní (*Lathyrus lacteus*), prorostlík dlouholistý (*Bupleurum longifolium*), kamejka modronachová (*Lithospermum purpureocaeruleum*), vstavač nachový (*Orchis purpurea*), rozrazil klasnatý (*Pseudolysimachion spicatum*), oman srstnatý (*Inula hirta*), prvosenka jarní (*Primula veris*), lněnka bavorská (*Thesium bavareum*) a spousta dalších (Ložek et al. 2005).

Na odvápněné půdě (tzv. *terra fusca*) v mochnových doubravách (vegetační asociace *Potentilla albae-Quercetum*) roste např. acidofilní kostřava ovčí (*Festuca ovina*) a druhy, které indikují jílovitou málo propustnou půdu, např. mochna bílá (*Potentilla alba*), srpice barvířská (*Serratula tinctoria*), bukvice lékařská (*Betonica officinalis*), svízel severní (*Galium boreale*) a další (AOPK ČR 2018b).

V nejrozšířenějších přirozených lesních společenstvech, habrových doubravách (asociace *Melampyro nemorosi-Carpinetum*) se hojně vyskytují vzácnější druhy jako jsou lilie zlatohlávek (*Lilium martagon*), medovník meduňkolistý (*Melittis melissophyllum*), orlíček obecný (*Aquilegia vulgaris*), lýkovec jedovatý (*Daphne mezereum*), okrotice bílá (*Cephalanthera damasonium*), okrotice dlouholistá (*C. longifolia*), kruštík široolistý (*Epipactis helleborine*), na místech s kyselou půdou se nachází prstnatec bezový (*Dactylorhiza sambucina*) a vemeník dvoulistý (*Platanthera bifolia*). V NPR Karlštejn a PR Karlické údolí se v malém počtu vyskytuje zvonovec liliolistý (*Adenophora liliifolia*). V okolí vrchů Mramor a Šamor západně od obce Liteň roste vstavač mužský (*Orchis mascula*). Omezeně se ve vhodných oblastech, například v PR Na Voskopě, vyskytuje kruštík růžkatý (*Epipactis muelleri*) a kruštík tmavočervený (*E. atrorubens*). Na zbytcích vápnomilných bučin (podsvaz *Cephalanthero-Fagenion*) roste pro ně charakteristická okrotice červená (*Cephalanthera rubra*) (Ložek et al. 2005).

Na skalách a skalnatých stepích se vyskytuje květena osluněných vápencových a diabasových skal a skalních stupňů s nevyvinutými půdami (vegetační svazy *Alyso-Festucion*, *Helianthemo cani-Festucion pallentis*) a květena stinných vápencových skalnatých srázů (svaz *Seslerio-Festucion*). Skalní stěny hostí například druhy koniklec luční český (*Pulsatilla pratensis* subsp. *bohemica*), kosatec bezlistý (*Iris aphylla*), chrpa chlumní (*Cyanus triumfettii*), tařice skalní (*Aurinia saxatilis*), vlnice chlupatá (*Oxytropis pilosa*), běložárka liliovitá (*Anthericum liliago*), locika vytrvalá (*Lactuca perennis*), svízel sivý (*Galium glaucum*) a sesel sivý (*Seseli osseum*). Na vlhčích a stinných vápencových stěnách a srázích najdeme druhy, pro které je typický výskyt v horách Evropy, jsou jimi například pěchava vápnomilná (*Sesleria albicans*), lomikámen vždyživý (*Saxifraga paniculata*), lomikámen trsnatý (*Saxifraga rosacea*), dvojštítek hladkoplodý (*Biscutella laevigata*) a hvozdík sivý (*Dianthus gratianopolitanus*) (Ložek et al. 2005).

1.3.4.2 Fauna

Vedle flóry má chráněná krajinná oblast i bohatou faunu. Výskyt obratlovců je podobný jako jinde ve středních Čechách, nachází se zde však mnoho druhů netopýrů v porovnání s jinými lokalitami. K vyskytujícím se druhům patří netopýr černý (*Barbastella barbastellus*), n. vodní (*Myotis daubentonii*), n. řasnatý (*M. nattereri*), n. ušatý (*Plecotus auritus*), zranitelný n. dlouhouchý (*P. austriacus*), n. večerní (*Eptesicus serotinus*), n. pestrý (*Vespertilio murinus*), n. parkový (*Pipistrellus nathusii*), n. severní (*Eptesicus nilssonii*), zranitelný vrápenec malý (*Rhinolophus hipposideros*) a kriticky ohrožený vrápenec velký (*R. ferrumequinum*), jehož výskyt v CHKO je zároveň jediným výskytem v Čechách. (Ložek et al. 2005; Chobot & Němec 2017)

V oblasti se často vyskytuje kuna skalní (*Martes foina*), opuštěné lomy hostí lišku obecnou (*Vulpes vulpes*) a v drobných krasových dutinách žije jezevec lesní (*Meles meles*). Problémem může být prase divoké (*Sus scrofa*), které se zde stalo trvalým obyvatelem, protože může rytím poškodit stanoviště se vzácnými rostlinami (destruktivní je zvláště pro hlíznaté orchideje) (Ložek et al. 2005; Dykyjová 2003). Dále v oblasti žije daněk skvrnitý (*Dama dama*), muflon (*Ovis musimon*), z drobnějších obratlovců plšík lískový (*Muscardinus avellanarius*), plch

velký (*Glis glis*), hraboš mokřadní (*Microtus agrestis*) a velmi vzácná původní populace sysla obecného (*Spermophilus citellus*) u obce Loděnice (AOPK ČR 2018b).

Početná ptačí zvířena v CHKO byla do roku 1999 tvořena 174 druhy. Některé druhy vymizely, mezi nimi jsou sokol stěhovavý (*Falco peregrinus*), jeřábek lesní (*Bonasa bonasia*), skalník zpěvný (*Monticola saxatilis*), mandelík hajní (*Coracias garrulus*) a několik dalších. V současnosti oblast zahrnuje převážně lesní druhy, jako například datla černého (*Dryocopus martius*), lejska malého (*Ficedula parva*), skřivana lesního (*Lullula arborea*), včelojeda lesního (*Pernis apivorus*), holuba doupňáka (*Columba oenas*) a další (Ložek et al. 2005).

Nelze opomenout výskyt bezobratlých živočichů. Z pavouků se zde vyskytuje například stepník rudý (*Eresus kollari*) patřící do červeného seznamu (Řezáč et al. 2015). Významný je i výskyt motýlů. V chráněném krajinném území bylo zjištěno 2 200 druhů. Jedním z důležitých nálezů je okáč metlicový (*Hipparchia semele*), který je kriticky ohrožený a jeho populace v CHKO je v současnosti nejpočetnější v ČR (Hausmannová et al. 2012). Dalšími důležitými druhy s jediným výskytem v Čechách jsou například předivka (*Kessleria alpicella*), zavíječ (*Pyrausta castalis*) a píďalka (*Entephria nobiliaria*). Dalšími zde vcelku běžnými druhy jsou např. otakárek fenyklový (*Papilio machaon*), otakárek ovocný (*Iphiclides podalirius*), batolec duhový (*Apatura iris*), babočky, bělásci nebo perleťovci (Ložek et al. 2005).

1.3.5 Historie využití krajiny a lesních biotopů

Do Českého krasu přišel člověk přibližně před 180 000 lety a od 5. tisíciletí před naším letopočtem se v něm vyskytoval téměř nepřetržitě. Využíval zdejší krajinu pro lov, sběračství a od neolitu i pro pastevectví a zemědělství. Od doby bronzové do raného latěnu docházelo k výraznému odlesňování, na odlesněných plochách se chovaly ovce a kozy, nebo se na nich zakládaly nové osady a pole (Ložek et al. 2005).

Jednou z významnějších archeologických lokalit CHKO je vrch Bacín. Byly zde nalezeny kamenné nástroje s ostatky z období mladšího paleolitu a pozdního paleolitu a ostatky z pozdního neolitu a pozdního eneolitu. Dále byly nalezeny nástroje z období mladší doby bronzové, starší doby železné, raného a vrcholného

středověku a novověku. Velmi podstatný je nález téměř celé keramické nádoby kultury se šňůrovou keramikou z pozdního eneolitu, jedná se o dosud jedinou nádobu svého druhu objevenou v Čechách (Matoušek et al. 2005). Další významnější lokalitou je hradiště na vrchu Střevíc. Ve formě spadaneých kamenů v lese a na remízku se na jižní straně dochovalo valové opevnění. Další nálezy pravěkého osídlení byly zjištěny v zastavené části obce Korno, na území obce Koněprusy a v obci Kosoř (Ložek et al. 2005).

Starší písemnosti o lesích, například lesní účty z období od 15. do 18. století, dokazují, že lesy byly tehdy převážně listnaté a jejich většinu tvořily pařeziny s převážně borovými výstavky. Na začátku 19. století byl zpracován elaborát, ve kterém byl popsán špatný stav karlštejnských lesů. Starší porosty byly složeny převážně z dubů, buků a habrů, mladší porosty se skládaly z náletových dřevin. Sestavený elaborát doporučoval přechod od výmladkového hospodaření k vysokému lesu. Od roku 1810 probíhalo zalesňování holin, nadlesní Josef Bavorský nechal zalesnit přibližně 582 jiter holin z 3197 jiter celkové výměry lesů (Novák & Tlapák 1974). Jakub Schmidt, zařizovatel komorních panství v Čechách (Simanov 2016), stanovil roční etát na léta 1806–1808 na výši 2475 sáhů, přičemž se předpokládalo, že se postupně bude zvyšovat na 3365 sáhů. Zavedlo se 40–50leté obmýetí pro pařeziny, které se ale kvůli nízké bonitě půdy jevílo jako dlouhé (Dörner & Müllerová 2014), doba obmýetí ve výmladkových lesích se snížila na 30 let a na některých plochách na 15 let. Nakonec roku 1846 zavedl nadlesní Schreinberger jednotné třicetileté obmýetí (Nožička 1957), snížil tím roční etát na 1860 sáhů (Dörner & Müllerová 2014; Novák & Tlapák 1974). Lesy byly rozděleny roku 1864 nadlesním Obstem tehdejšího Křivoklátského panství, kam spadalo území Českého krasu, na tři revíry – Zámecký revír, Mořinka a Koda. Většinu plochy lesní půdy pokrývaly výmladkové lesy různé kvality, z nichž nejkvalitnější se nacházely v Zámeckém revíru. Obst zavedl opatření ke zvýšení produkce dřeva postupným převáděním pařezin na les střední a vysoký (Dörner & Müllerová 2014).

Roku 1892 les tvořily čtyři hospodářské skupiny. První skupinou byly lesy chráněné (8 %), druhou lesy vysokokmenné s dobou obmýetí 80 let (17 %), třetí les nízký s 30–35letou dobou obmýetí (46 %) a čtvrtou skupinu tvořily pařeziny (30 %) (Novák & Tlapák 1974). Pařeziny byly po smýcení převáděny na les vysoký.

V roce 1922 byly porosty z 40 % tvořeny lesy vysokými. Panovala snaha převést nízké lesy na vysoké jehličnaté s převahou smrku, to se ovšem nedařilo kvůli malé životaschopnosti smrkových sazenic, přesto roku 1936 byl smrk již stejně hojně rozšířen jako dub (31 %) na úkor buku, který měl zastoupení pouze 4 %. Jehličnany byly zastoupeny z 40 %. Roku 2008 bylo 22 % výměry porostů vedeno jako dvouetážový porost, a to předznamenává snahu o znovuzavedení výmladkového hospodaření. V současné době se na území CHKO jehličnany vyskytují jen ze 7 % a dominantními dřevinami jsou dub, habr, lípa a buk (Dörner & Müllerová 2014).

1.4 PR Na Voskopě

Pokusy o vyhlášení zdejší přírodní rezervace probíhaly od poloviny roku 1999, dále v letech 2001 a 2008. V letech 2000–2011 byly zpracovávány inventarizační průzkumy, roku 12. 1. 2010 bylo podepsáno memorandum mezi AOPK ČR a Vápenkou Čertovy schody, které zajistilo ochranu stavu přírody a krajiny v několika národních přírodních památkách a přírodních rezervacích, z nichž jedna je právě PR Na Voskopě (AOPK 2012a). Roku 2012 byla po téměř patnáctiletém snažení vyhlášena jako přírodní rezervace (AOPK ČR 2012b).

1.4.1 Charakteristika a lokalizace území

Přírodní rezervace Na Voskopě se nachází přibližně 1,3 km severovýchodně od obce Suchomasty a její rozloha činí 31,4884 ha. Leží v nadmořské výšce 392–473 m n. m. v 1. a 2. lesním vegetačním stupni. Jde o převážně svažité území s dominantními orientacemi na západ a jihozápad. Cenná lokalita leží sice v dobývacím prostoru, který vlastní Velkolom Čertovy schody, a. s. (AOPK ČR 2012a), z použitelných zásob vápencové suroviny je však trvale odepsána.

1.4.2 Možný původ lesních biotopů

Vegetace bývalého místního dvojvrší Na Voskopě a Újezdce se liší od běžných pařezin Českého krasu a z její skladby, struktury a dynamiky se dají vyčíst informace o vlivu historických typů managementu na vegetaci. Lesní porosty jsou heterogenní a obsahují mnoho enkláv a drobných porostních mezer; na většině nelesních enkláv roste typická sekundární vegetace pasených svahů. Struktura porostů je závislá na terénu a silně kolísá, stejně tak i poměr druhů dřevin

ve stromovém patře. Tato heterogenita naznačuje, že se pravděpodobně jedná o přirozené porosty (Sádlo 2001).

Velkou rozlohu na lokalitě zauímají nízkokmenné výmladkové pařeziny přecházející v nepravé kmenoviny, na obou se silně podílí dub a habr. Mezi nimi se vyskytují staré stromy, takže porosty mohly mít charakter středního lesa. Xerothermní druhy se vyskytují hojně, dokonce i v mezických habřinách; druhy vyžadující světlo a druhy tolerantní k nedostatku vláhy se vyskytují společně s mezofilními lesními druhy na větších plochách (Sádlo 2001).

Ve svých botanických podkladech Sádlo uvádí, že Voskop mohl mít následující podobu: „Převládaly zde účinky trvalého a poměrně velmi intenzivního managementu lesa. Ten spočíval hlavně v pastvě dobytka kombinované s výběrovou těžbou dřeva o velmi krátkém obmýtí. V úvahu připadá i hrabání opadu co steliva a těžba letniny (haluze na sušení jako zimní píce), což často bývalo v podobných typech porostů praktikováno. Výsledkem byla *prašivina* – na velkých plochách rozvolněné křivolesy zakrslých, ač vegetativně velmi dobře zmlazujících stromů s xerothermním podrostem. Podobný typ porostů s tímto managementem je dodnes běžně k vidění na Balkáně (např. v Rumunsku). Pouze na stinnějších expozicích a hlubších půdách byly kmeny vyšší, ale i zde měl porost charakter vegetativně zmlazující pařeziny.“ (Sádlo 2001).

1.4.3 Geologie

Geologický podklad je tvořen koněpruskými bílými masivními vápenci biodetritického původu ze starších prvohor, spodního devonu, stupně prag a pražského souvrství. Těmto vápencům daly za vznik schránky asi z 500 druhů mořských bezobratlých živočichů, kteří žili v tropickém moři a vytvářeli v oblasti nedaleko Zlatého koně stavebně velmi složitý útvar (útes). Na území PR byla nejspíše osypová část útesu. Počátkem 20. století se zde začal těžit vápenec na výrobu vápna. V severní části rezervace jsou vápence hojně zkrasovělé. Krasové kapsy jsou otevřené k povrchu a jsou vyplněny klastickým materiálem, lze předpokládat, že výplně kapes pocházejí z druhohor, případně z třetihor a čtvrtohor (AOPK ČR 2012a).

1.4.4 Dřevinná skladba

K roku 2012 se podle Plánu péče o Přírodní rezervaci Na Voskopě (AOPK ČR 2012a) v rezervaci vyskytuje z 60,1 % dub zimní (*Quercus petraea*), 22,6 % habr obecný (*Carpinus betulus*), 5,88 % borovice černá (*Pinus nigra*), 3,44 % buk lesní (*Fagus sylvatica*), 3,18 % borovice lesní (*Pinus sylvestris*), 1,64 % lípa srdčitá (*Tilia cordata*), 0,53 % modřín opadavý (*Larix decidua*), 0,34 % javor mlěč (*Acer platanoides*), 0,29 % javor babyka (*Acer campestre*), 0,2 % jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), 0,1 % jeřáb muk (*Sorbus aria*) a z 1,7 % je rezervace tvořena holinami.

1.4.5 Předmět ochrany

1.4.5.1 Flora

Větší část území je pokryta dubohabrovými háji svazu *Carpinion*, ve kterých najdeme bohaté bylinné patro. Skládá se zde ze společenstev nízkokmenných habrových a subtermofilních doubrav (asociace *Melampyro-Carpinetum*, *Corno-Quercetum*), které přechází do rozvolněných lesů, které dříve sloužily jako lesy pastevní. V této zóně se nachází silně ohrožená sasanka lesní (*Anemone sylvestris*) a silně ohrožený krušík růžkatý (*Epipactis muelleri*). Od středu na sever rezervace se převážně na svazích na vlhčích stanovištích orientovaných na sever vyvinuly bukové porosty svazu *Fagion sylvaticae*. Kumulují se zde odumřelé stojící i ležící kmeny, které vytváří podmínky pro život vzácných bezobratlých xylofágních živočichů. Na severu rezervace se nachází fragment vápnomilné bučiny podsvazu *Cephalanthero-Fagenion*, zde se vyskytuje pěchava vápnomilná (*Sesleria caerulea*) a ohrožený zimostrázek alpský (*Polygala chamaebuxus*). Na jihozápadních svazích s mělkou půdou se vyskytují teplomilné doubravy svazu *Quercion pubescenti-petraeae*, ve kterých roste ohrožený dřín obecný (*Cornus mas*) a ohrožený dub pýřitý (*Quercus pubescens*). Mimo lesy se na otevřených stanovištích nachází porosty nelesní vegetace, jako například pěchavový trávník svazu *Seslerio-Festucion pallentis*, ve kterém se ve velké míře vyskytuje silně ohrožený koniklec luční český (*Pulsatilla pratensis* subsp. *bohemica*) a druhově bohaté porosty xerothermních trávníků svazu *Heliantho-cani-Festucion pallentis*, které v severní části rezervace na hlubších půdách

přecházejí ve fragmenty kostravového trávníku svazu *Festucion valesiacae* (AOPK ČR 2012a).

Tato lokalita je jednou z nejbohatších nalezišť teplomilné mykoflóry ve středních Čechách. Vyskytuje se zde velký počet vzácných až kriticky ohrožených druhů makromycetů, hlavně pavučince z podrodu *Phlegmacium* a hříby, například hřib Fechtnerův (*Boletus fechtneri*) a hřib královský (*Boletus regius*) (AOPK ČR 2012a).

1.4.5.2 Fauna

V prostoru PR a u jejích hranic byly nalezeny vzácné druhy pavouků. Ze slíďáků to byly druhy *Alopecosa sulzeri*, *A. trabalis*, *Arctosa figurata* a *Pardosa bifasciata*, z pavučenek *Abacoproeces saltuum*, *Panamomops affinis* a *Walckenaeria simplex*, dále křížák *Cercidia prominens*, šestiočko *Dysdera erythrina*, teplomil *Titanoeca quadriguttata*, skálovka *Drassyllus villicus* a běžník *Xysticus ninnii*. Rezervace je ze zkoumaných území dobývacího prostoru v rámci velkolomu Čertovy schody nejbohatší na druhy blanokřídlého hmyzu, byla zde nalezena například vzácná hrabalka *Arachnopsila fumipennis* a zednice *Osmia bicolor*. Vyskytuje se zde pět druhů čmeláků rodu *Bombus*. Mezi fytofágními brouky zde žije šest reliktních druhů, jimiž jsou dřepčící *Aphthona herbigrada*, *Longitarsus helvolus* a *Psylliodes instabilis*, nosatci *Acalles echinatus* a *Rutera hypokrita* a větevníček *Choragus sheppardi*, mimo uvedené zde byly nalezeny další významné druhy a skupiny brouků. Lepidopterologický průzkum prokázal 753 druhů motýlů, nejvýznamnějšími z nich jsou vřetenuška *Zygena osterodentis*, lišejníkovec *Setina roscida* a rychle mizející přástevník *Hyphoraia aullica*. Z ornitologické stránky jsou v oblasti zastoupeny druhy smíšených a listnatých lesů včetně druhů, které žijí na otevřených stanovištích, koncentrace druhů je však podobná jako v jiných odpovídajících typech biotopů. Z plazů se zde vyskytuje malá populace užovky hladké (*Coronella austriaca*) (AOPK ČR 2012a).

2 Metodika

2.1 Fytocenologie a fytocenologické snímkování

Fytocenologie je nauka o vegetaci. Jejím předmětem je vegetace, ve které rostlinná společenstva představují homogennější a stabilnější složky. Konkrétní rostlinná společenstva tvoří pro fytocenologii opěrné studijní body. Vegetace bývá chápána též jako soubor rostlinných společenstev určitého území či celé Země (Moravec et al. 1994).

Fytocenologie patří do skupiny biologických věd, které lze označit jako symbiologické, protože jejich objekty jsou společenstva neboli seskupení organismů. Fytocenologie je svou povahou vědou analyticko-syntetickou a její podstatou je odhalování a analýza rozdílů rostlinných společenstev a rozdílů v jejich chování v přírodě (vazbě na určité podmínky prostředí, rozšíření apod.) a srovnávací hodnocení těchto rozdílů a pátrání po jejich příčinách (Moravec et al. 1994).

Fytocenologické snímkování je konkrétním popisem určitého společenstva v přírodě. Pracovním nástrojem je fytocenologický snímek. Účelem snímkování je stanovit znaky vyplývající ze struktury a druhového složení společenstva a zachytit je ve stručném popisu pro další zpracování (Moravec et al. 1994).

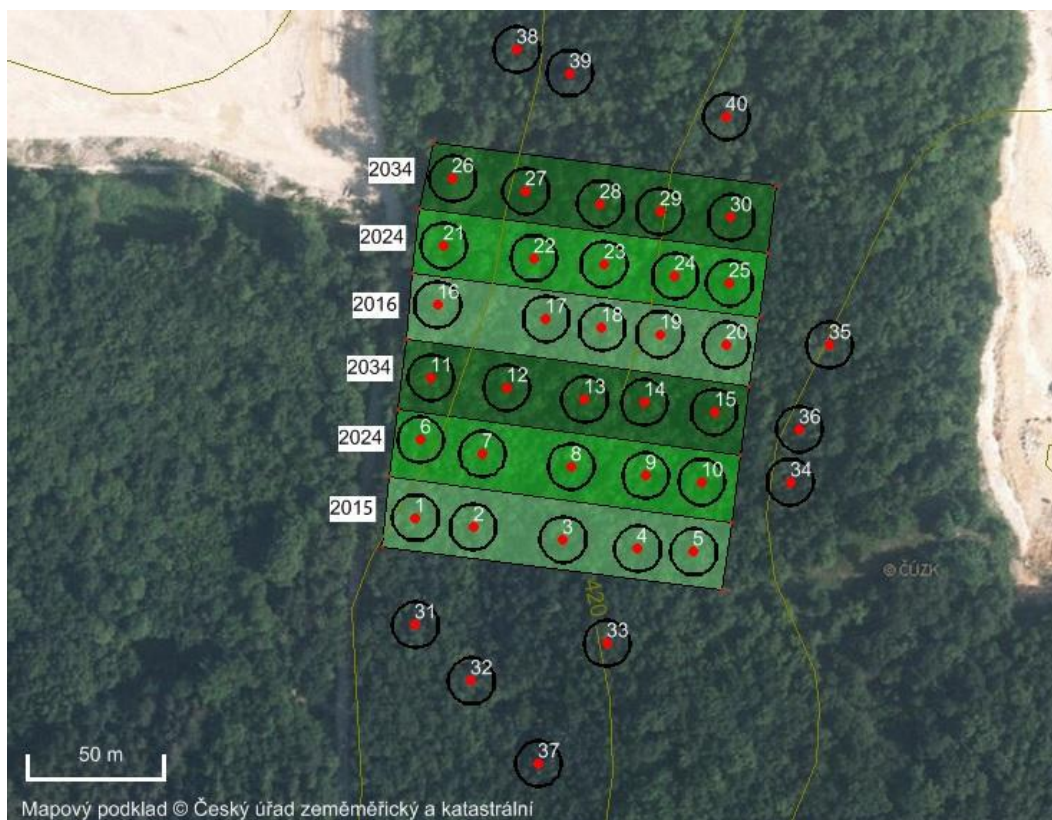
2.2 Zkusné plochy v PR Na Voskopě

Předmětem experimentu, ve kterém vyhodnocuji vývoj vegetace, jsou dvě paseky o rozměrech 25 × 125 m (Hroník 2014). V každé z nich je pět kruhových zkusných ploch, severněji situovaná paseka je oplocená, jižněji položená je neoplocená. Paseky leží v severním výběžku přírodní rezervace Na Voskopě, jak ukazuje obrázek č. 1.



Obrázek 1: Hranice PR Na Voskopě. (zdroj: https://drusop.nature.cz/ost/chrobjekty/zchru/index.php?SHOW_ONE=1&ID=14027, upraveno). Žlutě jsou zvýrazněny dvě zkoumané paseky.

První paseka, kde se nacházejí zkusné plochy 1–5, byla vytvořena roku 2015, druhá paseka, kde se nacházejí plochy 16–20, byla vytvořena roku 2016 (Zbúrová 2019), viz obrázek č. 2. Na těchto pásech se v roce 2013 nacházel podle Hroníka (2014) ve spodních svahových partiích les střední, kde výmladkovou část porostu představovaly především habrové pařeziny a výstavkovou část tvořily staré exempláře dubů. V horní části svahu pak porost přecházel do tvaru lesa nízkého, byl prosvětlen drobnými enklávami stepního charakteru a tvořila ho především směs habru, dubů a jeřábů.



Obrázek 2: Mapa zobrazující zkusné pásy, rok jejich plánované těžby a lokalizaci a označení trvalých zkusných ploch (zdroj: Hroník 2014, upraveno).

Podle mapy současné vegetace k roku 2001 (příloha 1) rostla na pásu se zkusnými plochami č. 16–20 v nižší části svahu etážová dubohabřina a černýšová habrová doubrava xerofilní. V místech ploch č. 17–20 rostla černýšová habrová doubrava xerofilní s pěchavou. V pásu s plochami č. 1–5 se na místě níže položených ploch č. 1 a 2 nacházela černýšová habrová doubrava xerofilní, na místě ploch č. 3–5 černýšová habrová doubrava xerofilní s pěchavou, přičemž na východněji situované polovině plochy č. 5 se vyskytovaly již otevřenější pěchavové trávníky (viz obrázek 2, příloha 1).

Z hlediska lesnické typologie je část rezervace, ve které leží obě zkoumané paseky, označena jako lesní typ 1C8 – suchá habrová doubrava (*Carpineto–Quercetum subxerothermicum*; typ *Brachypodium pinnatum*), ale mohlo by se také jednat o vývojový stupeň 1X8 – dřínové doubravy (*Corneto–Quercetum xerothermicum*), a to zejména v horní východně položené části obou pasek s mělkí rendzinovou půdou (Möllerová & Viewegh 2005; Viewegh 2003).

2.3 Sběr dat

Fytocenologické snímkování probíhalo ve dnech 28. 6. a 4. 7. 2019 s Mgr. Petrem Karlíkem a vedoucím mé práce Mgr. Tomášem Černým, Ph.D. na trvalých kruhových zkusných plochách o poloměru 8,5 m. Určovaly se druhy všech nadzemních vegetačních pater kromě mechového. Druhy byly určeny za pomoci Klíče ke květeně České republiky (Kubát 2002) a německého obrázkového klíče Exkursionsflora von Deutschland (Rothmaler 2009). Následně jsme k zapsaným druhům v každé kruhové zkusné ploše zapisovali pokryvnosti podle 9členné Braun-Blanquetovy stupnice (Westhoff & Van der Maarel 1978). Zapisovali jsme také celkové pokryvnosti všech vegetačních pater v procentech. Patra byla rozlišována podle Moravce et al. (1994).

- E₀ – (mechové patro) Je tvořeno nižšími výtrusnými rostlinami.
- E₁ – (bylinné patro) Je tvořeno semennými a vyššími výtrusnými bylinami a polokeřičky, jejichž výška dosahuje zpravidla 1 m, může však sahat i výše. Do bylinného patra se počítají i semenáčky dřevin.
- E₂ – (keřové patro) Je tvořeno dřevinami, jejichž výška kolísá mezi 1 a 3 m. Zahrnuje nejen vlastní keře, ale i mladé exempláře stromů.
- E₃ – (stromové patro) Je tvořeno stromy dosahujícími výšky nejméně 3 m.

2.4 Zpracování dat

Fytocenologické zápisy za rok 2019 jsem přepsal do databázového programu Turboveg (Hennekens & Schaminée 2001), kde jsem navazoval na zapsané snímky z předchozích let. Při prepisování snímků do Turbovegu jsem vybíral tyto přednastavené parametry pro vegetační patra: u bylin „6 – Herb layer (hl)“, u juvenilních dřevin „7 – Juvenile (jl)“, u dřevin v keřovém patře „4 – Shrub layer (high) (s1)“, u stromů „1 – Tree layer (high) (t1)“. Tato čísla pater jsou v konečné prezentaci zobrazována u jednotlivých druhů v analýzách.

S vedoucím práce jsme zpětně zkontrolovali, zda souhlasí zápisy v Turbovegu se zápisy z terénního zápisníku a případné neshody, včetně duplicitních jmen v nomenklatuře, v programu opravili. Následně proběhl import dat z Turbovegu do programu Juice (Tichý 2002) za účelem sjednocení nomenklatury ve všech fytocenologických snímcích. Jednotlivé fytocenologické

snímky jsem dále seřadil podle roku záznamu a čísla plochy a výsledek jsem exportoval pro finální editaci v programu MS Excel (viz příloha č. 2).

V programu Juice jsem z dat vymazal stromy a keře, ponechal jsem pouze byliny a juvenilní dřeviny, abych mohl provést výpočet průměrných Ellenbergových hodnot (Ellenberg et al. 1992) v podobě vážených průměrů. Exportoval jsem výsledky a vložil je do programu MS Excel s parametry zkusných ploch. Soubor v programu Juice jsem dále exportoval do souboru ve formátu *Cornell Condensed File* (s implicitní příponou *CC!*). Do programu Canoco 5 (Ter Braak & Šmilauer 2012) jsem importoval soubor s parametry prostředí (datová tabulka **Paseky prostředí**) vytvořený v programu MS Excel i soubor fytoecologických snímků (datová tabulka **Paseky Voskop 2013–2019**) (ve formátu *CC!*).

V programu Canoco 5 jsem dodatečně do tabulky **Paseky prostředí** přidal dvě nové proměnné, a to pozici na svahu „Position“ (1 – dolní část svahu; 5 – vrchní část svahu) a oplocení „Fence“ (1 – oploceno; 0 – neoploceno), v obou případech kódované jako kategoriální proměnné.

Ekologický gradient měl relativní délku 2,4 jednotek SD (*standard deviation*), čímž jde o tzv. krátký ekologický gradient, protože všechny snímky pocházejí z jednoho svahu, který je jednotné expozice na západ, plochy jsou situovány blízko sebe, takže si jsou víceméně podobné. To vede k následnému použití lineární analýzy. K modelování druhové diverzity v redukovaném dvourozměrném prostoru po provedení základní analýzy byla použita vyhlazovací funkce *loess* (Ter Braak & Šmilauer 2012).

2.4.1 Typy použitých analýz

Pro vyhodnocení dat jsem použil dva typy mnohorozměrných analýz, oba jsou lineární variantou. Jedná se o RDA neboli analýzu redundance a PCA neboli analýzu hlavních komponent.

PCA (Principal Component Analysis), je ordinační technika, ve které se snažím vztahy mezi snímky vysvětlit pomocí nepřímé inference vlastností prostředí dle znalosti o ekologických nárocích jednotlivých druhů rostlin (Moravec et al. 2014). Je to tzv. *unconstrained* (nepřímá, též neomezená) lineární analýza

(Ter Braak & Šmilauer 2012), do které vstupuje pouze datová tabulka s fytoocenologickými snímky, tedy v mém případě **Paseky Voskop 2013–2019**.

RDA (Redundancy Analysis) je analýza nadbytečné neboli redundantní variability. Je to tzv. *constrained* (přímá, či též omezená) lineární analýza. V takové analýze koreluje přímý vliv proměnných prostředí, které obsahuje datová tabulka **Paseky prostředí**, s datovou tabulkou **Paseky Voskop 2013–2019**. Jinými slovy tato analýza variabilitu druhů ve fytoocenologických snímcích omezuje variabilitou environmentálních faktorů algoritmem lineární kombinace (Ter Braak & Šmilauer 2012).

2.4.2 Analýzy PCA

V první analýze *Unconstrained-PCA*, *byliny* jsem se zabýval analýzou hlavních komponent s nepřímou ordinací dat. Seznam druhů ve snímcích jsem neomezoval žádnými vnějšími proměnnými (environmentálními faktory). Snažím se nepřímo dedukovat ze snímků nějaké vlastnosti druhů. Do analýzy vstupovala jen data ze souboru **Paseky Voskop 2013–2019**. Váha dominantních druhů byla snížena odmocninovou transformací hodnot pokryvností, výsledné zobrazení bylo centrováno přes druhy v hranicích ordinačních os x, y.

V druhé analýze *Unconstrained-PCA*, *dřeviny* byla provedena nepřímá ordinace pro dřeviny (juvenilní dřeviny v bylinném patře, keře a stromy). Opět jsem srazil dominantní druhy odmocninou a centroval přes druhy.

2.4.3 Analýzy RDA

V analýzách redundance jsem koreloval přímý vliv proměnných prostředí z datové tabulky **Paseky prostředí** s bylinami z datové tabulky **Paseky Voskop 2013–2019**. Proměnných prostředí je celkem 21. Korelaci jsem hledal pomocí *Forward selection* výběru. Všechny RDA analýzy mají centrovány druhy a pokryvnosti druhů jsou standardizovány přes snímky vzhledem k celkové pokryvnosti. Účelem této standardizace je zdůraznit změny v proporční skladbě druhů.

Ve třetí analýze jsem provedl RDA analýzu pojmenovanou jako *Interactive-forward-selection-RDA*, *byliny*. Vstupovaly do ní pouze byliny a vybrané

proměnné prostředí. Z proměnných jsem zahrnul pokryvnost keřů (*Cov_shr*) a stromů (*Cov_tree*), pozici na svahu (*Position*), půdní reakci (*pH*), hloubku půdy (*Soil_d*), změnu v čase (*Year*) a vliv oplocení (*Fence*). Centrovalo se přes druhy a standardizovalo přes součet pokryvností (*standardize by total*) pro zdůraznění rozdílů mezi snímky na pasekách v jednotlivých letech a pokryvnostní hodnoty druhů byly opět transformovány odmocninou kvůli potlačení vlivu dominant. Pro čtyři nejsilněji korelované byliny s jednotlivými proměnnými jsem vytvořil tabulku průměrných ellenbergovských indikačních hodnot. Výklad příslušných indikačních hodnot odpovídá slovním popisům dle standardizované literatury (Ellenberg & Leuschner 2010).

Ve čtvrté analýze jsem provedl RDA pro dřeviny, nesla název *Interactive-forward-selection-RDA, dřeviny*. Vstupovaly do ní vybrané proměnné a juvenilní dřeviny, dřeviny keřového patra a dřeviny stromového patra. Z faktorů prostředí jsem opět zahrnul proměnné *Cov_shr*, *Cov_tree*, *Position*, *pH*, *Soil_d*, *Year* a *Fence*.

V páté analýze RDA s názvem *Interactive-forward-selection-RDA[fence], byliny* jsem koreloval byliny s parametry *Position*, *Year* a *Fence*. Do analýzy vstupovalo 35 snímků, vyloučeno bylo 10 snímků s původní lesní vegetací z roku 2013.

V šesté analýze RDA s názvem *RDA[fence], byliny* jsem koreloval byliny pouze s parametrem oplocení (*Fence*). Opět jsem z analýzy vyloučil 10 snímků s původní lesní vegetací.

V sedmé analýze RDA s názvem *Interactive-forward-selection-RDA[fence], dřeviny* jsem koreloval juvenilní dřeviny v bylinném patře a dřeviny v keřovém patře s parametry *Year*, *Position* a *Fence*. Opět jsem z analýzy vyloučil snímky s původní lesní vegetací.

V osmé analýze RDA s názvem *RDA[fence], dřeviny* jsem koreloval juvenilní dřeviny v bylinném patře a dřeviny v keřovém patře s jediným parametrem oplocení (*Fence*). Opět jsem z analýzy vyloučil snímky z roku 2013.

V každém výsledném ordinačním diagramu, ve kterém jsou vyobrazeny reakční vektory (šipky) jednotlivých druhů, jsem omezil jejich počet na takové

číslo, abych dosáhl lepší přehlednosti grafů a aby v grafech byly zahrnuty především druhy, které prodělaly největší změny. Takového omezení jsem provedl pomocí nástroje *Plot creation options* v položce nabídky menu *Analysis* v programu Canoco 5. Zde jsem v sekci *Species selection* zvyšoval hodnotu procenta přizpůsobení (*fit*) tak, aby ve výsledném grafu byly zahrnuty pouze druhy, které v analýzách hrají největší roli.

Dosažené hladiny statistické průkaznosti (signifikance) p jsou korigovány na počet stupňů volnosti daného mnohorozměrného modelu. Dosažené hladiny statistické průkaznosti jsou v programu uvedeny jako $p(adj)$ u jednotlivých prediktorů.

Všechny grafické výstupy jsem graficky upravil do přehledné podoby, aby bylo snadné se v nich orientovat, následně jsem je exportoval do grafického formátu TIFF s rozlišením 200 DPI a kompresí typu *PackBits* (volby programu Canoco 5).

3 Výsledky

3.1 Analýza PCA s bylinnými druhy

Grafickými výstupy analýzy nesoucí název Analýza PCA s bylinnými druhy (*Unconstrained-PCA*) jsou grafy č. 1–3.

Graf č. 1 umožní dedukovat hlavní dva gradienty prostředí pomocí vlastností jednotlivých druhů.

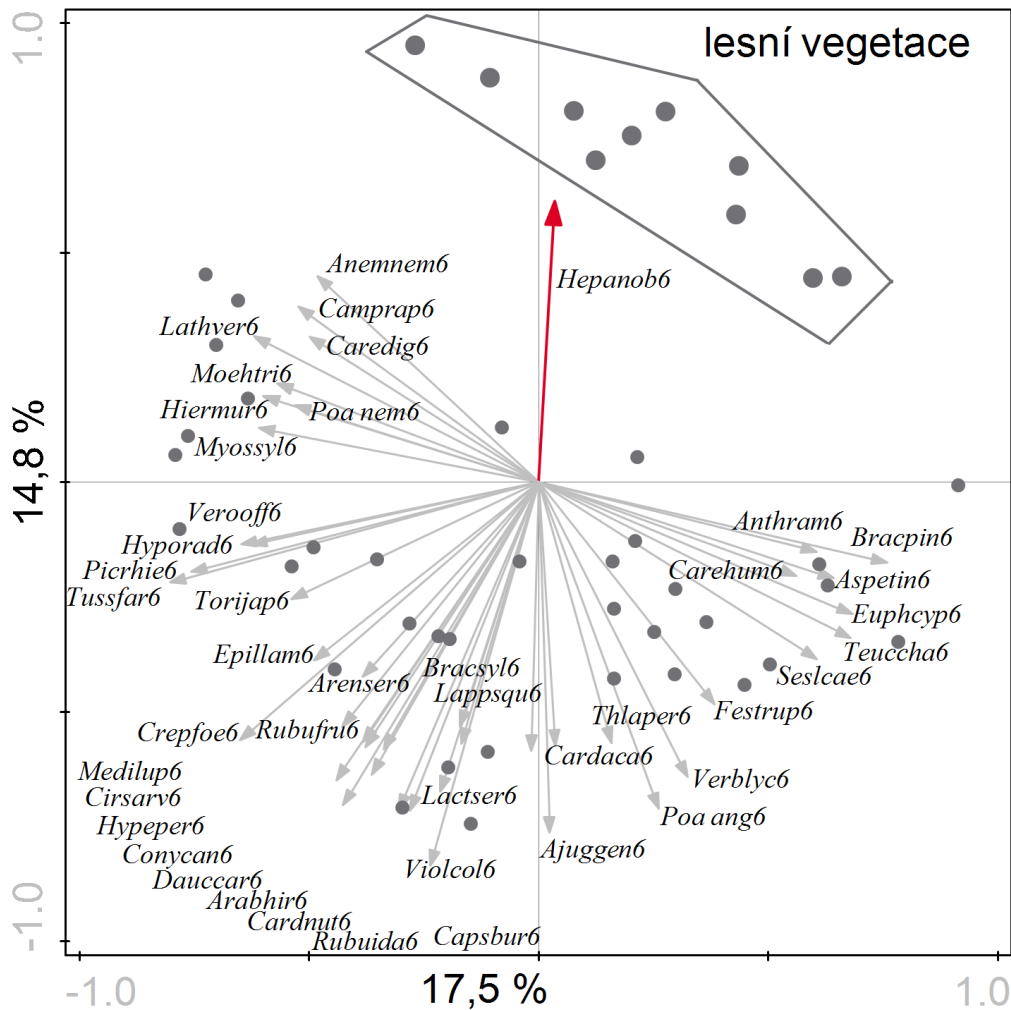
Ve snímcích prodělal největší změnu druh *Hepatica nobilis*, označený červeným vektorem, protože se odklání od všech ostatních druhů. V levé horní čtvrtině grafu se nachází hájové druhy, například *Anemone nemorosa*, *Lathyrus vernus*, *Campanula rapunculoides* a *Carex digitata*.

Opačný extrém se nachází v pravé dolní čtvrtině. Zde koncentrované druhy se nachází v silné negativní korelaci s hájovými rostlinami. Lze zmínit například *Anthericum ramosum*, *Brachypodium pinnatum*, *Asperula tinctoria* a *Carex humilis*.

Druhy nacházející se v levé dolní čtvrtině grafu jsou zhruba uprostřed hlavního gradientu představovaného osou x, který mohu označit, jako gradient „hájovosti“ (tj. míra vazby rostlinného druhu na lesní interiér), například *Crepis foetida*, *Carduus nutans*, *Daucus carota* a *Hypericum perforatum*.

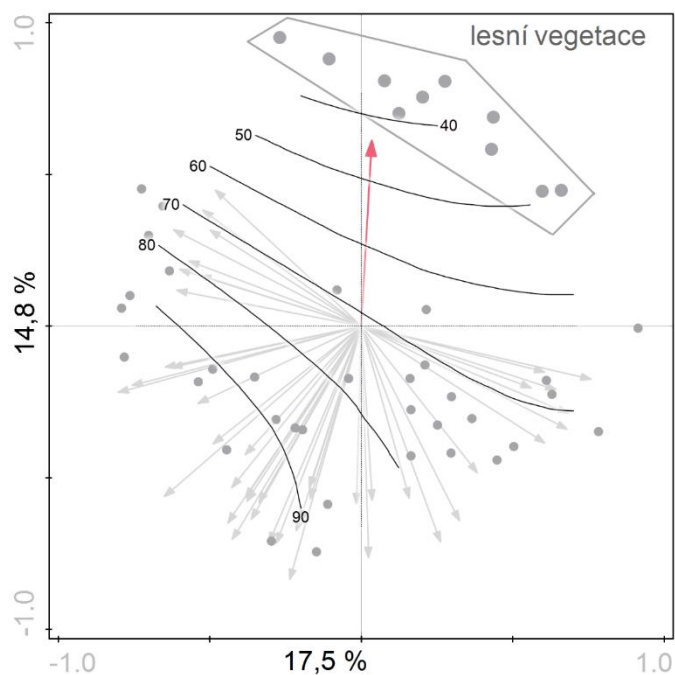
Podpůrný graf č. 2 je překreslený přes graf č. 1 a ukazuje izočáry druhové bohatosti na 45 snímcích. Graf zachycuje poměrně silný gradient bohatosti od 40 až po 90 druhů. Gradient druhové bohatosti tak prudce stoupá od lesní vegetace k typům bezlesí na pasekách.

Izočára s číslem 40 se nachází u deseti snímků, ve kterých je zachycena lesní vegetace z roku 2013, tudíž nám říká, že na těchto snímcích rostlo průměrně kolem 40 druhů bylin. Izočára 70 leží zhruba uprostřed grafu č. 1 a leží v místě, kde jsou v negativní korelaci lesní druhy s druhy bezlesí. Znamená to tedy, že tyto druhy mají sice odlišnou ekologii, ale rostou na podobně bohatých snímcích. Od izočáry 80 už se nachází druhově bohatší snímky.

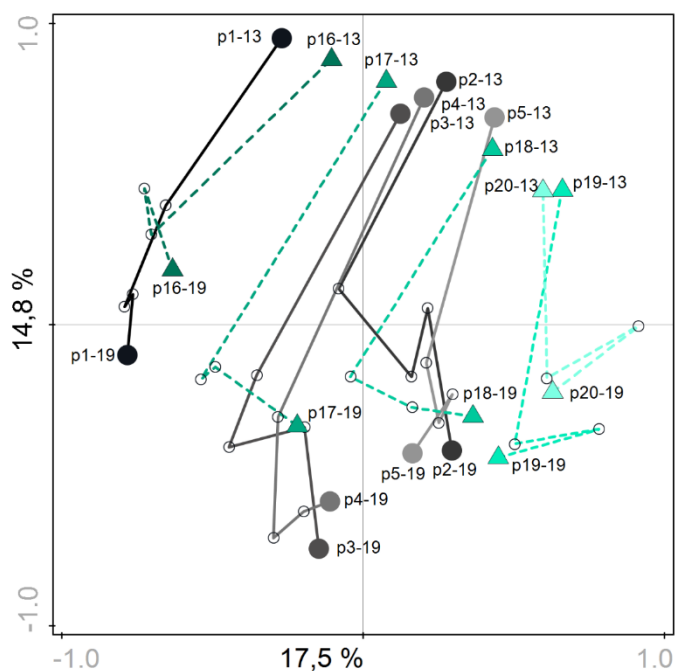


Graf 1: Ordinační diagram PCA analýzy s bylinnými druhy a snímky z jednotlivých roků. V grafu je zobrazeno pouze 44 nejsilněji korelovaných druhů. První dvě osy ordinačního diagramu vysvětlují 32,3 % variability druhových dat. Jednotlivé snímky jsou vyobrazeny tmavě šedými body, světle šedé šipky představují jednotlivé druhy. První čtyři písmena v druhových kódech značí začátek rodového jména, zbylá tři písmena značí začátek druhového jména a na konci je číslo, kterým je označeno vegetační patro (6 = bylinné patro).

Na grafu č. 3 je vykreslen vývoj bylinné vegetace na jednotlivých plochách od roku 2013, kdy na nich ještě stálo stromové patro, až do roku 2019. Body v horní části grafu jsou počátky trajektorií, jsou to tedy plochy lesní vegetace. Trajektorie směřují z pravé horní do levé dolní části. Pohybují se podobně, udržují si mezi sebou zhruba stejný rozestup, jsou skoro rovnoběžné, což odpovídá velmi podobnému sukcesnímu vývoji na všech deseti trvalých plochách na pasekách.



Graf 2: Atributový diagram druhové bohatosti zobrazené pomocí izočar bohatosti (upraveno v programu GIMP 2021). Ekologický hyperprostor je shodný s grafem č. 1. Čísla u izočar znamenají průměrný počet druhů na snímcích v blízkosti jednotlivých izočar.



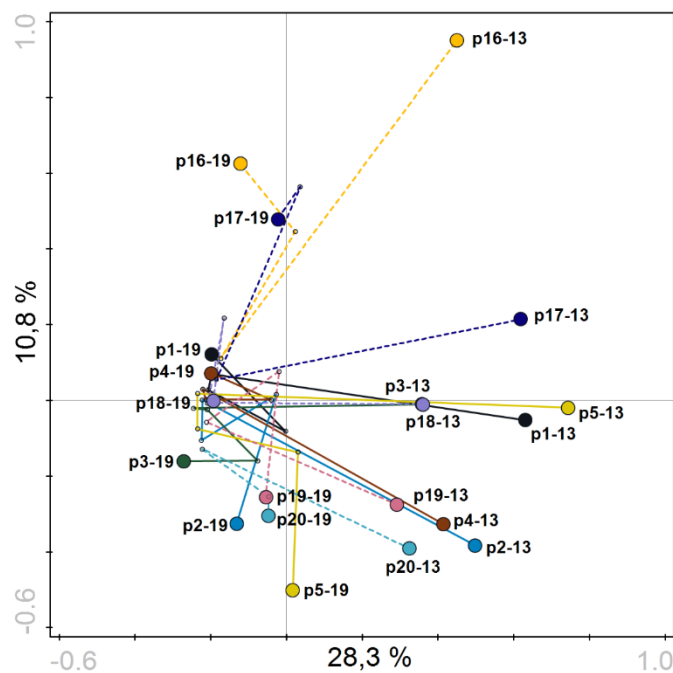
Graf 3: Trajektorie vývoje vegetace trvalých zkušných ploch v období sezón 2013–2019. Ekologický hyperprostor je shodný s grafem č. 1. První číslice odpovídá číslu trvalé zkušné plochy, druhá číslice odpovídá poslednímu dvojčíslí kalendářního roku. Počáteční a koncové plochy neoplocené paseky jsou označeny vyplněnými kruhy, plnou čarou a odstíny šedé barvy. Počáteční a koncové plochy oplocené paseky jsou označeny

vyplněnými trojúhelníky, přerušovanou čarou a odstíny tyrkysové barvy. Trajektorie a počáteční a koncové body ploch mají odstín volený podle pozice na svahu: nejvyšší plocha má nejsvětlejší odstín, nejnižše položená plocha nejtmaší odstín.

3.2 Analýza PCA s druhy dřevin

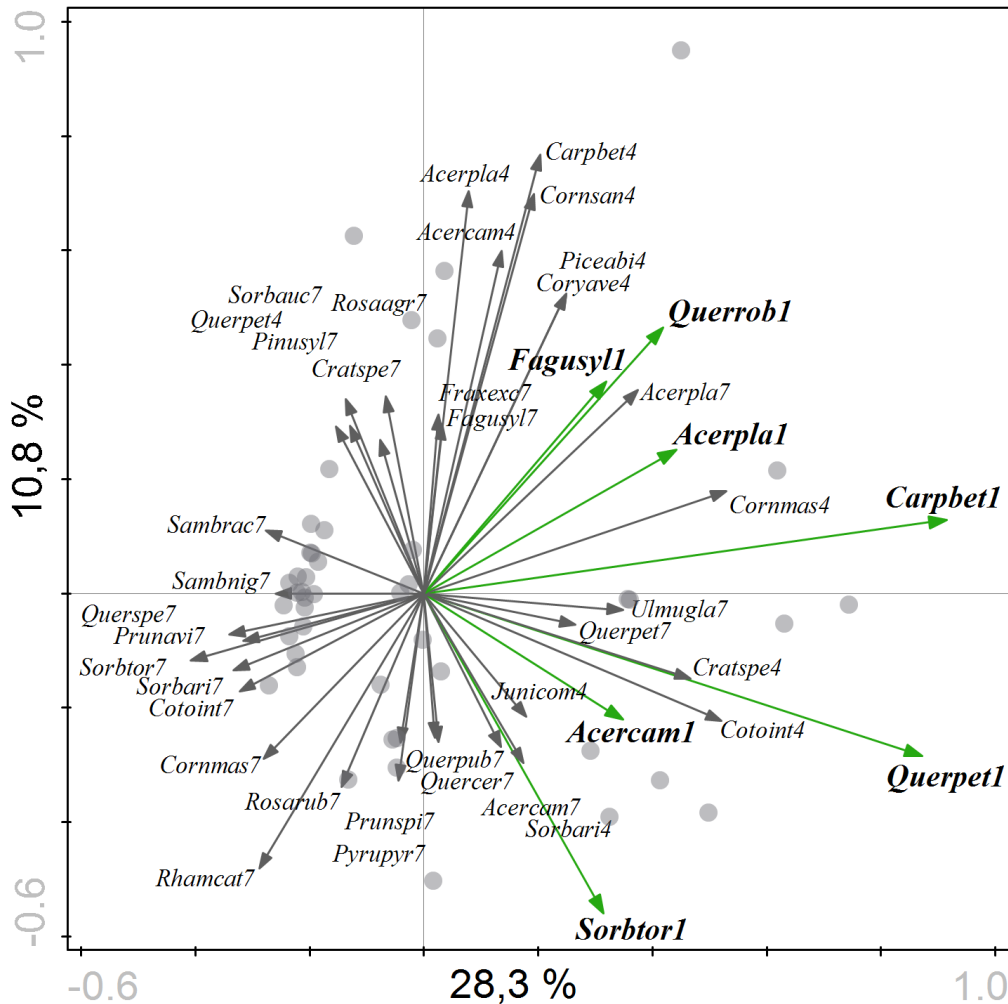
Grafickými výstupy analýzy s názvem Analýza PCA s druhy dřevin (*Unconstrained-PCA, dřeviny*) jsou grafy č. 4–6.

Na pravé polovině grafu č. 4 se nachází výchozí snímky z roku 2013, na kterých se nacházel les. Jsou poměrně heterogenní, protože zaujímají velký prostor v ordinačním diagramu. Jejich vývoj je více méně konvergentní, tedy směřující k jednomu bodu. Na posledním snímku jsou plochy blízko sebe. Dochází tak v sukcesním vývoji k výrazné homogenizaci ve skladbě druhů dřevin, tj. juvenilních jedinců i keřů odrůstajících výmladků.



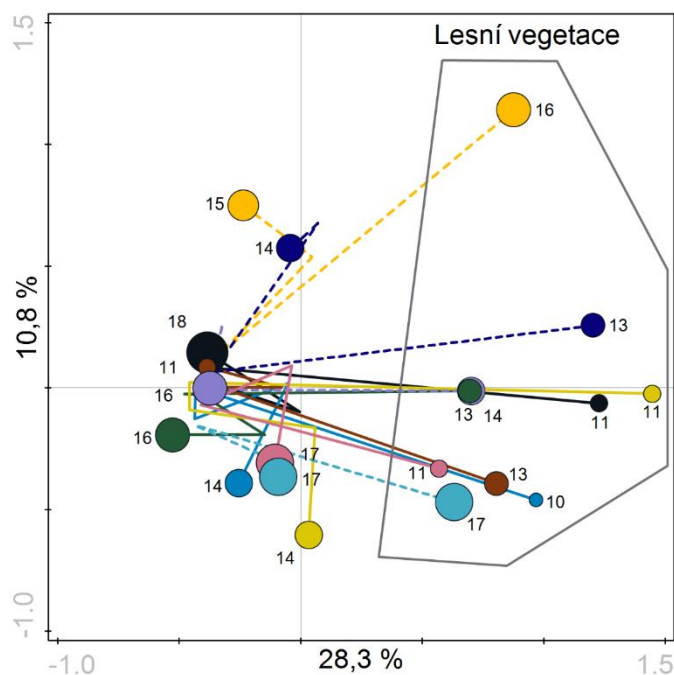
Graf 4: Vývoj dřevinné vegetace. Trajektorie vývoje ploch neoplocené paseky jsou označeny plnou čarou, trajektorie vývoje ploch oplocené paseky jsou označeny přerušovanou čarou. První dvě osy ordinačního diagramu vysvětlují 39,1 % variability druhových dat.

Na grafu č. 5 vlevo druhy ve stromovém patře logicky chybí, protože byly vytěženy. Stromové patro bylo na trvalých plochách původního lesa variabilní, dřevinná vegetace vlevo je daleko homogennější.



Graf 5: Distribuce dřevinných druhů. Ekologický hyperprostor je identický jako na grafu č. 4. Zeleně vyznačené vektory náleží lesním druhům ve stromovém patře, jejich názvy jsou napsány tučným písmem a končí číslicí 1. V grafu je zobrazeno pouze 43 nejsilněji korelovaných druhů.

Tento typ grafu pro graf č. 6 byl zvolen místo izočar, a to kvůli faktu, že počet druhů na snímcích se měnil málo a izočary modelující bohatost by nebyly pro grafické zobrazení vhodné. V pravé části se v ohraničeném polygonu nachází výchozí lesní vegetace. Lesy byly z hlediska zastoupených dřevin chudší, protože kruhy na místech výchozích lesních ploch jsou zřetelně menší, ale celková druhová bohatost u dřevin se v čase zvyšuje jen zvolna.



Graf 6: Vývoj druhové bohatosti (upraveno v programu GIMP 2021). Ekologický hyperprostor je identický jako na grafu č. 4. Velikosti kruhů na začátku a konci trajektorií udávají počty druhů dřevin v bylinném a keřovém patře. Trajektorie vývoje ploch jsou značeny identicky jako na grafu č. 4.

3.3 RDA analýza bylin s postupným výběrem proměnných

Grafickými výstupy analýzy s názvem RDA analýza bylin s postupným výběrem proměnných (*Interactive-forward-selection-RDA, byliny*) jsou grafy č. 7 a 8.

Z 21 proměnných se ukázaly statisticky významné jen 4 proměnné. Průkazné proměnné vysvětlují 34,77 % variability (28,25 % adjustované variability) v tabulce **Paseky Voskop 2013–2019**. Jako statisticky průkazné byly zahrnuty proměnné pozice na svahu (*Position*), změna v čase (*Year*), pokryvnost stromů (*Cov_tree*) a půdní reakce (*pH*).

Nejsilnější proměnnou je zde pozice na svahu, která tvoří 35,1 % podíl vysvětlené druhové variability a hladina její statistické průkaznosti (p) dosahuje 0,15 %. Druhým nejsilnějším parametrem je proměnná času, která představuje podíl 32 % a je statisticky průkazná na hladině $p = 0,2$ %. Třetí v pořadí je proměnná pokryvnosti stromů s podílem 11,4 % a je statisticky průkazná na hladině $p = 0,2$ %.

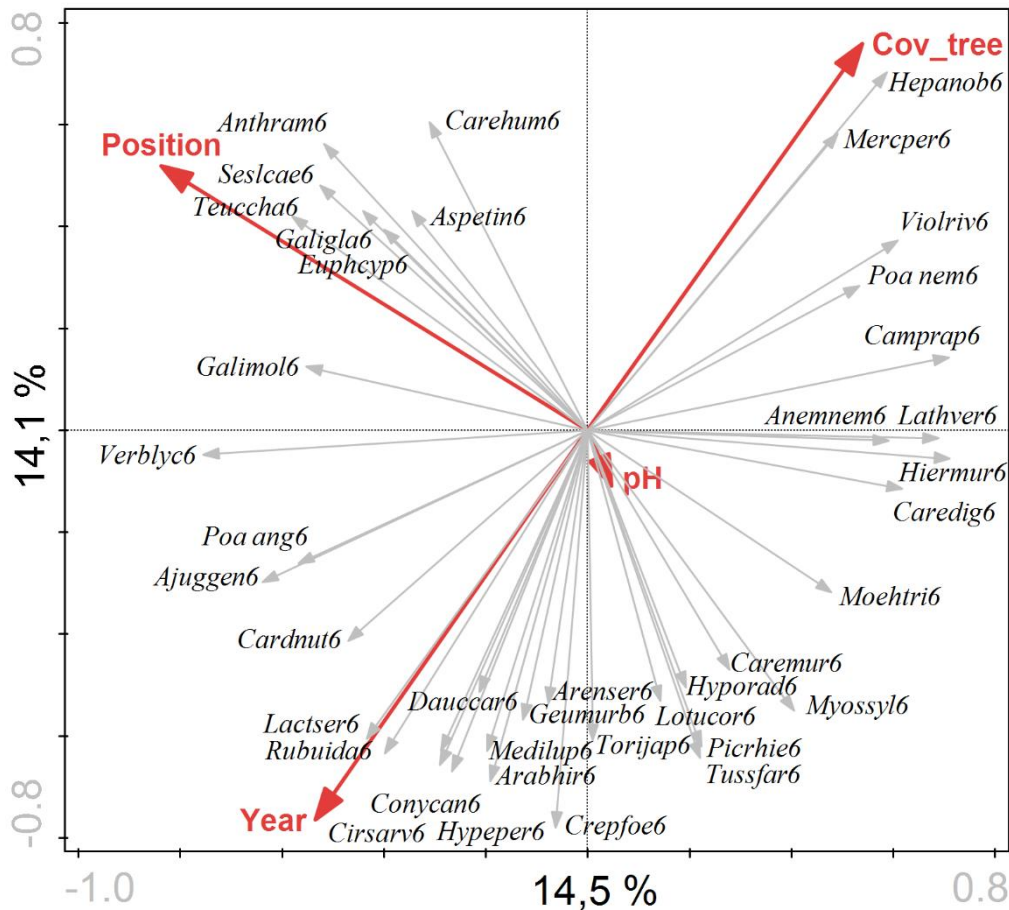
Čtvrtá, a tedy nejslabší proměnná je půdní reakce, která zaujímá podíl 8,4 % vysvětlené druhové variability a je statisticky průkazná na hladině $p = 0,6$ %.

Na grafu č. 7 vidíme čtyři červené vektory (šipky), značí omezující proměnné prostředí se signifikantním vztahem k vegetaci. S vektorem pozice na svahu jsou nejsilněji korelovány druhy vyskytující se nejvýše na svahu, s vektorem roků druhy, které v sukcesi nejvíce přibývají; vektor pokryvnosti stromového patra je korelován s pravými hájovými druhy; druhy, které nejvíce korelují s vektorem půdní reakce, by měly být vázány na bazičtější půdu, v tomto případě je ale daný vektor dosti krátký a tento vztah je proto poměrně slabý.

Největší korelaci s proměnnou pozice na svahu mají druhy *Teucrium chamaedrys*, *Sesleria caerulea*, *Galium glaucum* a *Euphorbia cyparissias*. Na změnu času nejsilněji reagují druhy *Lactuca serriola*, *Rubus idaeus*, *Conyza canadensis* a *Cirsium arvense*. S proměnnou pokryvnosti stromového patra nejvíce korelují byliny *Hepatica nobilis*, *Mercurialis perennis*, *Viola riviniana* a *Poa nemoralis*. S proměnnou půdní reakce nejvíce reagují druhy *Lotus corniculatus*, *Picris hieracioides*, *Tussilago farfara* a *Carex muricata* agg.

Z tabulky 1 jsou zřejmé následující ekologické vztahy:

1) byliny nejvíce korelující s proměnnou pH mají pro půdní reakci průměrnou hodnotu 6, tato hodnota indikuje půdy mezi slabě kyselými a neutrálními; 2) v případě proměnné *Year* průměr indikačních hodnot pro živiny vyšel 6,25. To klasifikuje půdy mezi středně bohatými až mírně bohatšími na dusík; 3) pro proměnnou *Cov_tree* vyšla průměrná hodnota pro světlo 4, což indikuje náročnost na světelné podmínky na pomezí sciofytů a hemisciofytů, průměrná hodnota pro vlhkost 4,75 značí čerstvé půdy (normální, střední vlhkostní poměry); 4) v případě proměnné *Position* vychází pro světlo hodnota ekologického indikátoru 7,5. To znamená, že druhy korelující s touto proměnnou jsou hemiheliofyty; pro vlhkost vychází hodnota 3, což indikuje suché půdy; pro půdní reakci vyšla hodnota 7,75, to značí půdy bohatší na vápník; nakonec indikátor pro živiny vyšel v hodnotě 3, to indikuje spíše chudé půdy.

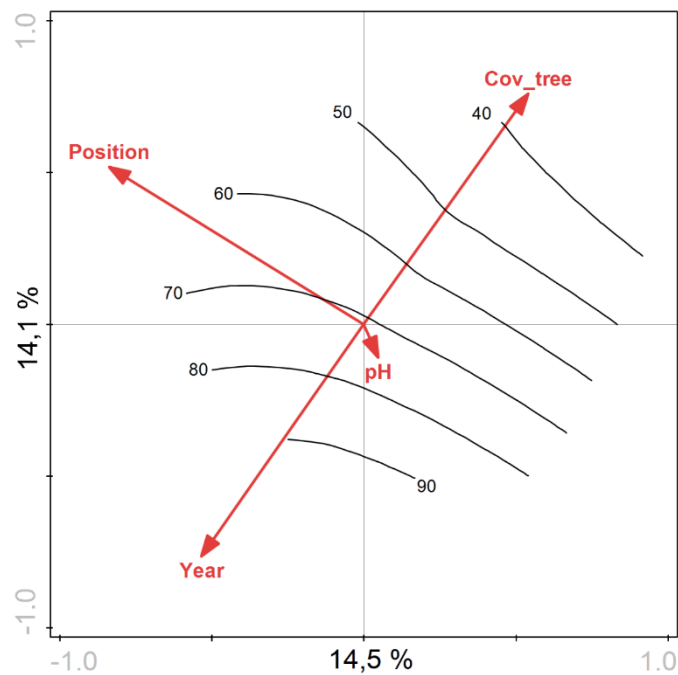


Graf 7: Vztah jednotlivých bylin k proměnným prostředí. V grafu je zobrazeno pouze 42 nejsilněji korelovaných druhů.

Ze směru vektoru proměnné *Year* v grafu č. 8 jasně vyplývá, že s přibývajícím roky roste počet druhů na pasekách. Proměnná *pH* směřuje směrem k rostoucí druhové bohatosti. Vektor proměnné *Cov_tree* směřuje kolmo na izočáry směrem ke snižující se druhové bohatosti. To znamená, že vysoký zástin je na sledovaných plochách spojen s nízkou početností rostlinných druhů. Vektor pozice na svahu (*Position*) je orientován víceméně rovnoběžně s izočarami, z toho lze vyvodit, že pozice plochy na svahové katéně nemá zásadní vliv na počet druhů ve fytocenologickém snímku.

Tabulka 1: Ellenbergovy průměrné indikační hodnoty pro čtyři nejvíce korelující byliny s jednotlivými proměnnými prostředí. Indikační hodnoty pro jednotlivé druhy jsou převzaty z elektronické přílohy studie Chytrý et al. 2018.

Proměnná	Byliny	Světlo	Vlhkost	Půdní reakce	Živiny
pH	<i>Hypochaeris radicata</i>	7,25	5	6	4,75
	<i>Picris hieracioides</i>				
	<i>Tussilago farfara</i>				
	<i>Carex muricata agg</i>				
Year	<i>Lactuca serriola</i>	7,5	4,5	5,75	6,25
	<i>Rubus idaeus</i>				
	<i>Conyza canadensis</i>				
	<i>Cirsium arvense</i>				
Cov_tree	<i>Hepatica nobilis</i>	4	4,75	6,5	5,75
	<i>Mercurialis perennis</i>				
	<i>Viola riviniana</i>				
	<i>Poa nemoralis</i>				
Position	<i>Teucrium chamaedrys</i>	7,5	3	7,75	3
	<i>Sesleria caerulea</i>				
	<i>Galium glaucum</i>				
	<i>Euphorbia cyparissias</i>				



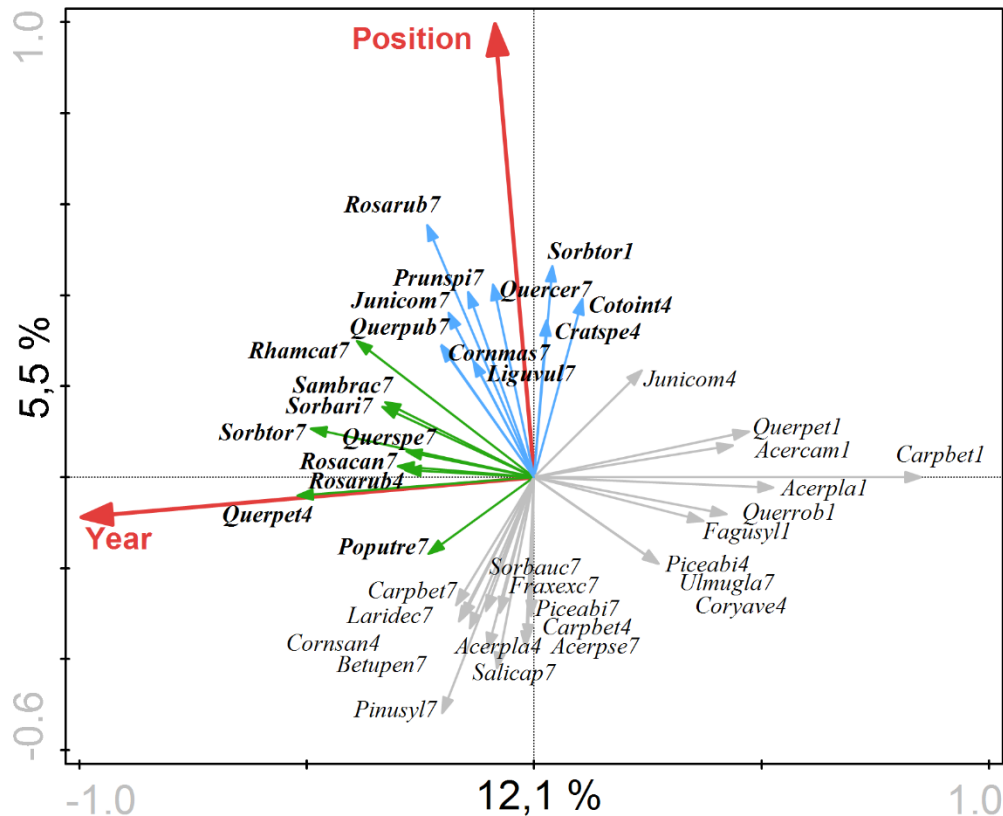
Graf 8: Vztah proměnných prostředí ke změně druhové bohatosti. Modelovaná diverzita dosáhla koeficientu determinace 89 %. Ekologický hyperprostor je identický jako na grafu č. 7.

3.4 RDA analýza dřevin s postupným výběrem proměnných

Do analýzy nesoucí název RDA analýza dřevin s postupným výběrem proměnných (*Interactive-forward-selection-RDA, dřeviny*) byly zahrnuty proměnné *Year* a *Position*, které dohromady vysvětlily 17,52 % variability (13,59 % adjustované variability) v tabulce **Paseky Voskop 2013–2019**. Proměnná času (*Year*) se na vysvětlené variabilitě podílí 30,5 % a hladina její statistické průkaznosti (*p*) dosahuje 0,2 %; proměnná pozice na svahové katéně (*Position*) zaujímá podíl 14 % a je statisticky průkazná na hladině $p = 0,12$ %.

Druhy dřevin v grafu č. 9 orientované ve směru vektoru *Year* se na trvalých plochách výrazněji uplatňují v průběhu sukcese. Jsou to druhy *Rhamnus cathartica*, *Sambucus racemosa*, *Sorbus aria*, *Sorbus torminalis*, *Quercus sp.*, *Rosa canina*, *Rosa rubiginosa*, *Quercus petraea*, *Populus tremula*.

S pozicí na svahu nejvíce koreluje juvenilní *Cornus mas*, *Ligustrum vulgare*, *Quercus pubescens*, *Juniperus Communis*, *Prunus spinosa*, *Quercus cerris* a *Rosa rubiginosa*, v keřovém patře *Crataegus sp.* a *Cotoneaster integerrimus*, ve stromovém patře *Sorbus torminalis*. Jsou to vše druhy mělkých rendzinových půd, koncentrující se do horní části svahové katény.



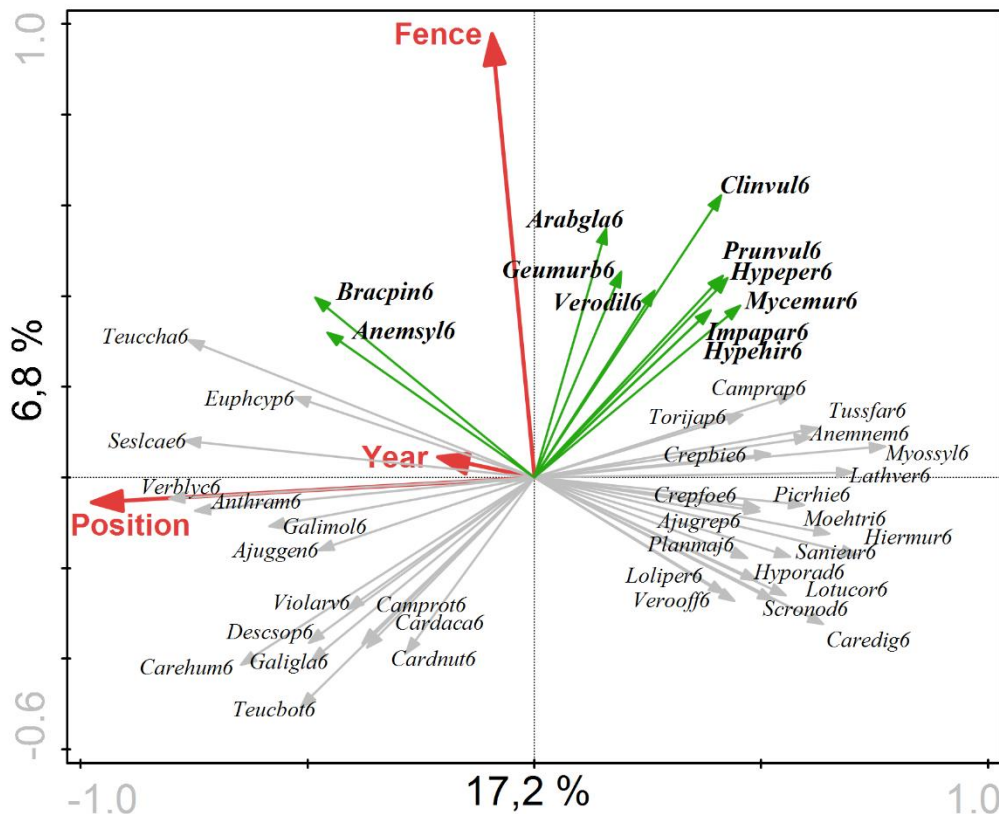
Graf 9: Ordinační diagram zobrazující vliv faktorů prostředí na dřeviny. V grafu je zobrazeno pouze 41 nejsilněji korelovaných druhů. Vektory označené modrou barvou jsou nejvíce korelující s proměnnou pozice na svahové katéně (*Position*); vektory označené zelenou barvou jsou nejvíce korelující s proměnnou času (*Year*); tučným písmem jsou vyznačeny nejsilněji korelující druhy.

3.5 RDA analýza bylin s proměnnou oplocení a postupným výběrem dalších proměnných

V analýze nesoucí název RDA analýza bylin s proměnnou oplocení a postupným výběrem dalších proměnných (*Interactive-forward-selection-RDA[fence], byliny*) v testu vyšly jako statisticky průkazné proměnné *Position*, *Fence*, *Year*, tedy mají vliv na chování bylinných druhů. Vysvětlily dohromady 29,25 % variability (22,4 % adjustované variability) druhů v tabulce **Paseky Voskop 2013–2019**. Nejsilnější proměnnou je zde pozice na svahu (*Position*), která zaujímá 57 % z celkové vysvětlené variability a hladina její statistické průkaznosti (*p*) dosahuje 0,3 %. Druhou nejsilnější proměnnou je oplocené (*Fence*), která zaujímá 23,2 % a je statisticky průkazná na hladině $p = 0,15$ %. Nejslabší

proměnnou je čas (*Year*), která zastává jen 19,8 % celkové vysvětlené variability druhů a je statisticky průkazná na hladině $p = 0,1$ %.

S proměnnou oplocení (*Fence*) v grafu č. 10 nejsilněji korelují byliny *Anemone sylvestris*, *Brachypodium pinnatum*, *Arabis glabra*, *Geum urbanum*, *Veronica dillenii*, *Clinopodium vulgare*, *Prunella vulgaris*, *Hypericum perforatum*, *Hypericum hirsutum*, *Impatiens parviflora* a *Mycelis muralis*.



Graf 10: Vztah jednotlivých bylin k proměnným prostředí a oplocení. V grafu je zobrazeno pouze 46 nejsilněji korelovaných druhů. Zelené vektory jsou nejsilněji korelující s proměnnou oplocení (*Fence*) a tučně vyznačené bylinné druhy jsou nejsilněji korelující s touto proměnnou.

3.6 RDA analýza dřevin s proměnnou oplocení a postupným výběrem dalších proměnných

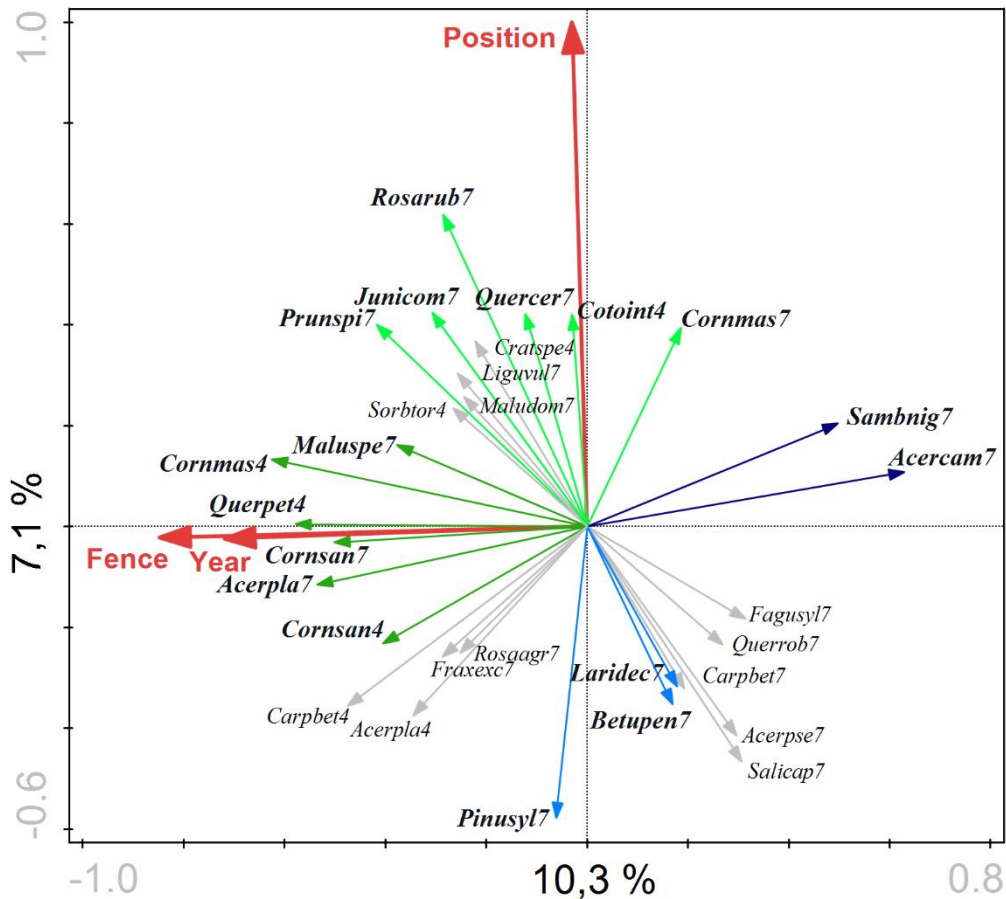
Grafickými výstupy analýzy nesoucí název RDA analýza dřevin s proměnnou oplocení a postupným výběrem dalších proměnných (*Interactive-forward-selection-RDA[fence], dřeviny*) jsou grafy č. 11 a 12.

Proměnné *Position*, *Fence* a *Year* vysvětlily 22,28 % variability (14,76 % adjustované variability) v tabulce **Paseky Voskop 2013–2019**. Z vysvětlené variability bylinných druhů zaujímá vliv oplocení (*Fence*) 39,4 % a hladina jeho statistické průkaznosti (p) dosahuje 0,1 %; vliv polohy na svahové katéně (*Position*) zaujímá 31,7 % a je statisticky průkazný na hladině $p = 0,3$ % a vliv času (*Year*) zaujímá 28,9 % a je statisticky průkazná na hladině $p = 0,5$ %.

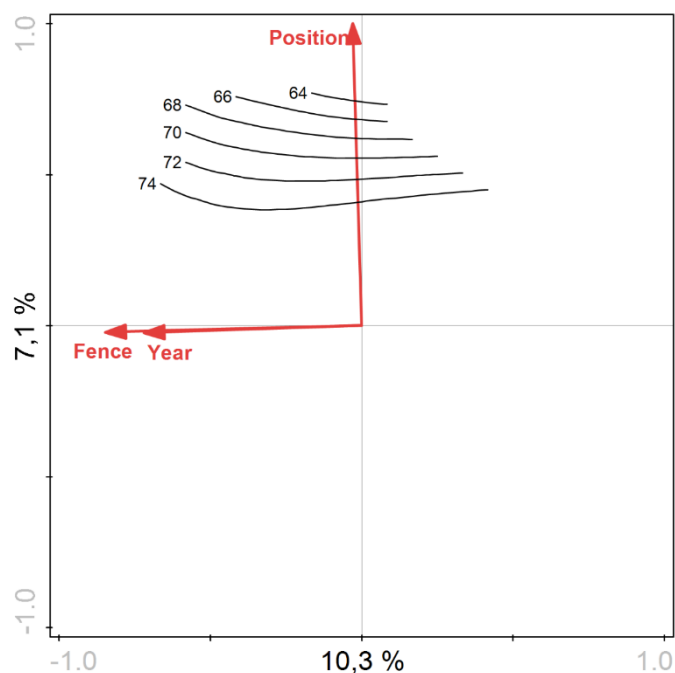
S proměnnými *Fence* a *Year* v grafu č. 11 nejsilněji korelují juvenilní dřeviny *Malus* sp., *Cornus sanguinea* a *Acer platanoides* a v keřovém patře *Cornus mas*, *Quercus petraea* a *Cornus sanguinea*. V negativní korelaci s těmito proměnnými se potom nachází juvenilní *Sambucus nigra* a *Acer campestre*. Pozoruhodný je souhlasný směr vlivu obou těchto proměnných.

S vyšší polohou na svahu korelují dřeviny v keřovém patře *Cotoneaster integerrimus*, *Crataegus* sp., *Sorbus torminalis*, v juvenilním patře *Quercus cerris*, *Rosa rubiginosa*, *Jupinepus communis*, *Ligustrum vulgare*, *Malus domestica* a *Prunus spinosa*. V negativní korelaci, a tedy níže položené na svahové katéně, jsou juvenilní *Pinus sylvestris*, *Betula pendula* a *Larix decidua*.

Izočáry v grafu č. 12 jsou na vektor proměnné *Position* kolmé, ve směru tohoto vektoru klesá druhová bohatost. Vektory proměnných *Year* a *Fence* míří zhruba po směru izočar, takže na druhovou bohatost nemají žádný zásadní vliv.



Graf 11: Ordinační diagram vztahu jednotlivých dřevin k proměnným prostředí a oplocení. V grafu je zobrazeno pouze 30 nejsilněji korelovaných druhů. Světle zeleně vyznačené vektory jsou nejsilněji korelující s proměnnou *Position*, vektory vyznačené světle modře jsou s touto proměnnou v negativní korelaci; tmavě zeleně vyznačené vektory jsou nejvíce korelujícími s proměnnými *Fence* a *Year*, vektory vyznačené tmavě modře jsou s těmito proměnnými v negativní korelaci.



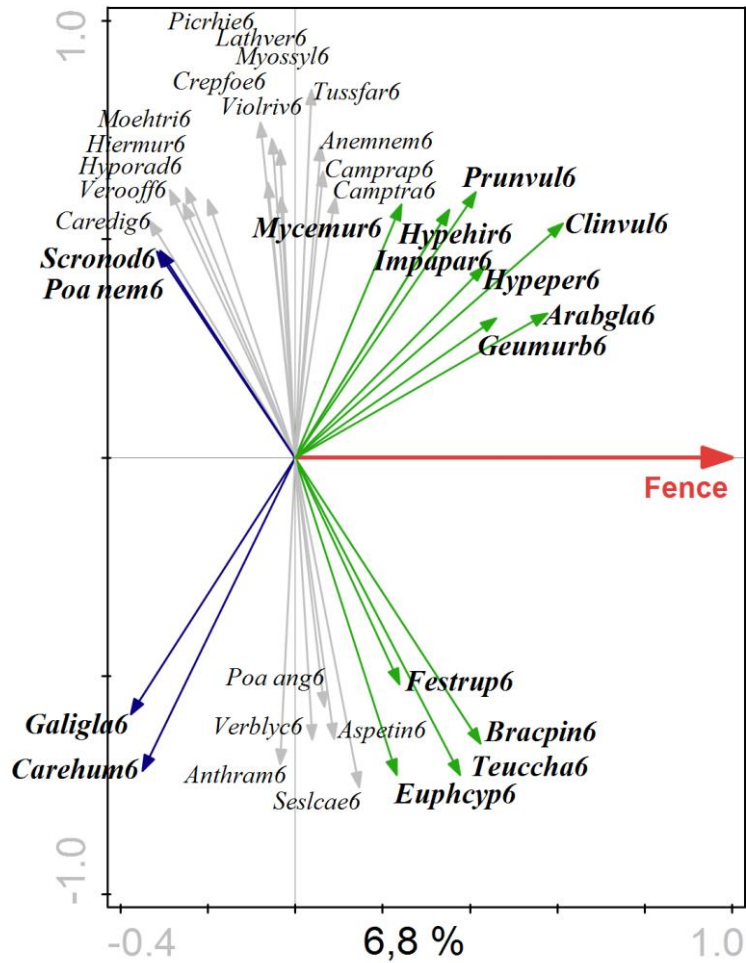
Graf 12: Závislost druhové bohatosti dřevin na průkazných proměnných prostředí. Modelovaná diverzita dosáhla koeficientu determinace 41,5 %. Ekologický hyperprostor je identický jako na grafu č. 11.

3.7 RDA analýza bylin s proměnnou oplocení

Grafickými výstupy analýzy nesoucí název RDA analýza bylin s proměnnou oplocení (*RDA[fence], byliny*) jsou grafy č. 13 a 14. Proměnná *Fence* vysvětlila 6,79 % druhové variability (3,97 % adjustované variability) v tabulce **Paseky Voskop 2013–2019** a hladina její statistické průkaznosti (*p*) dosahuje 0,9 %.

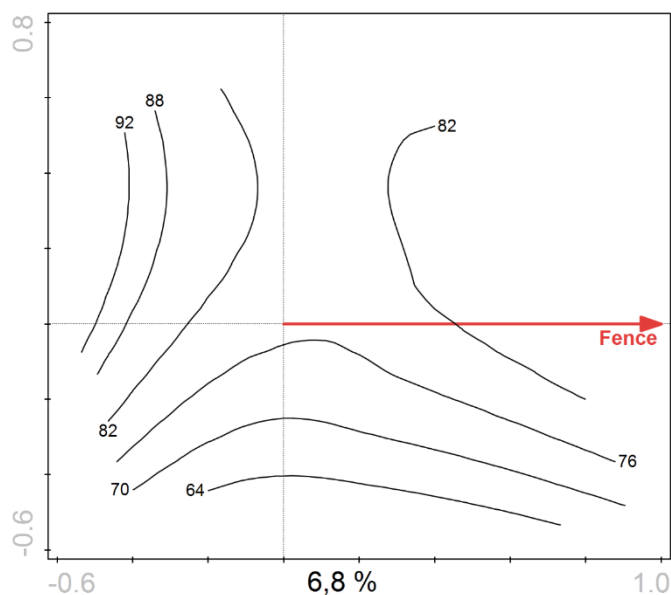
Na zamezení přístupu spárkaté zvěře v grafu č. 13 pozitivně, byť slabě, reagovaly druhy *Mycelis muralis*, *Hypericum hirsutum*, *Impatiens parviflora*, *Prunella vulgaris*, *Clinopodium vulgare*, *Hypericum perforatum*, *Arabis glabra*, *Geum urbanum*, *Festuca rupicola*, *Brachypodium pinnatum*, *Teucrium chamaedrys* a *Euphorbia cyparissias*.

Mimo oplocení prosperují druhy *Scrophularia nodosa*, *Poa nemoralis*, *Galium glaucum* a *Carex humilis*. Zbytek znázorněných druhů na efekt oplocení prakticky nereaguje.



Graf 13: Ordinační diagram zobrazující vliv samotného faktoru oplocení (*Fence*) na bylinné druhy. V grafu je zobrazeno pouze 35 nejsilněji korelovaných druhů. Zeleně vyznačené vektory s tučným písmem náležejí nejsilněji korelovaným bylinným druhům s proměnnou *Fence*; modře vyznačené vektory s tučným písmem náležejí druhům nejsilněji negativně korelovaným s touto proměnnou.

Hodnota izochar druhové bohatosti v grafu č. 14 se po směru vektoru oplocení (*Fence*) velmi mírně zvyšuje.



Graf 14: Vliv samotného faktoru *Fence* (oplocení) na druhovou bohatost bylin. Modelovaná diverzita dosáhla koeficientu determinace 55,5 %. Ekologický hyperprostor je identický jako na grafu č. 13.

3.8 RDA analýza dřevin s proměnnou oplocení

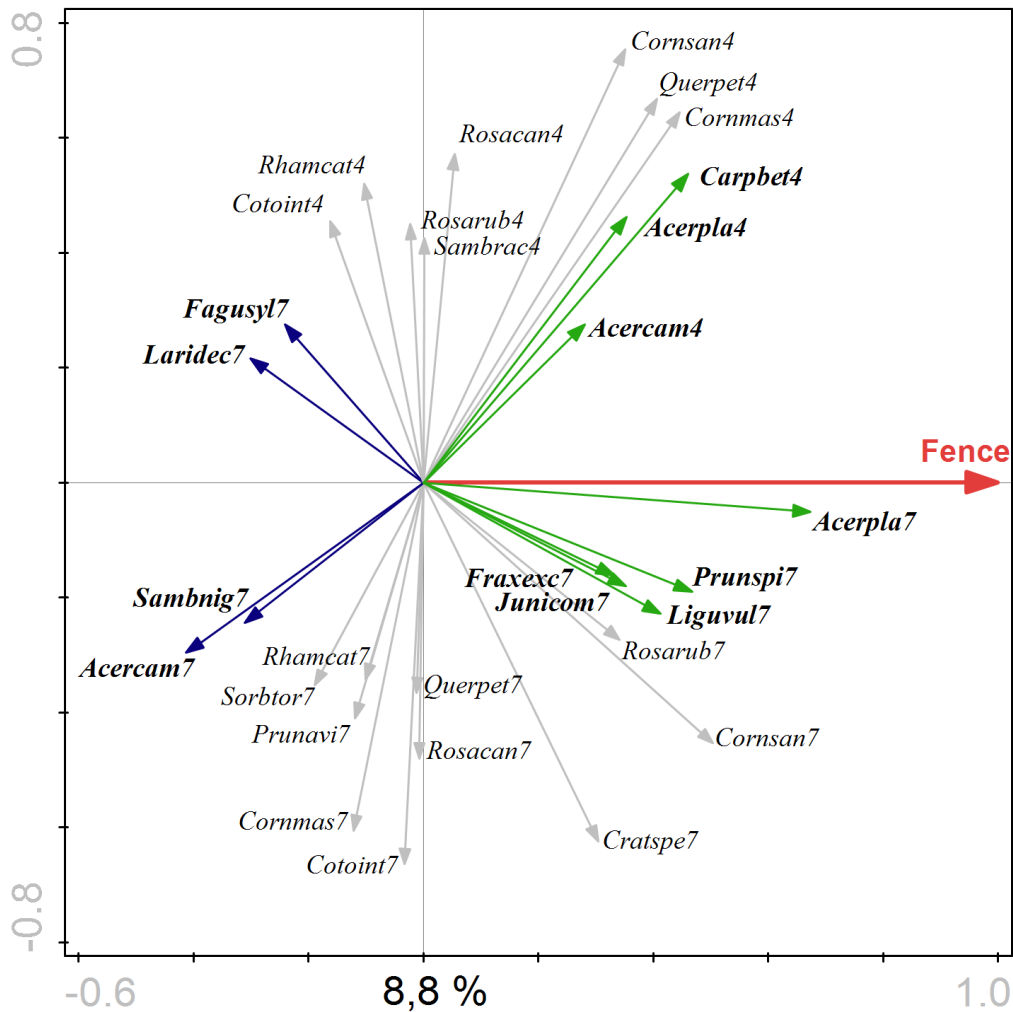
Grafickými výstupy analýzy nesoucí název RDA analýza dřevin s proměnnou oplocení (*RDA[fence], dřeviny*) jsou grafy č. 15 a 16.

Proměnná *Fence* vysvětlila 8,77 % druhové variability (6,01 % adjustované variability) v tabulce **Paseky Voskop 2013–2019** a hladina její statistické průkaznosti (*p*) dosahuje 0,1 %.

S proměnnou *Fence* v grafu č. 15 nejvíce korelují juvenilní dřeviny *Acer platanoides*, *Prunus spinosa*, *Fraxinus excelsior*, *Juniperus communis* a *Ligustrum vulgare*, v keřovém patře potom *Acer campestre*, *Acer platanoides* a *Carpinus betulus*.

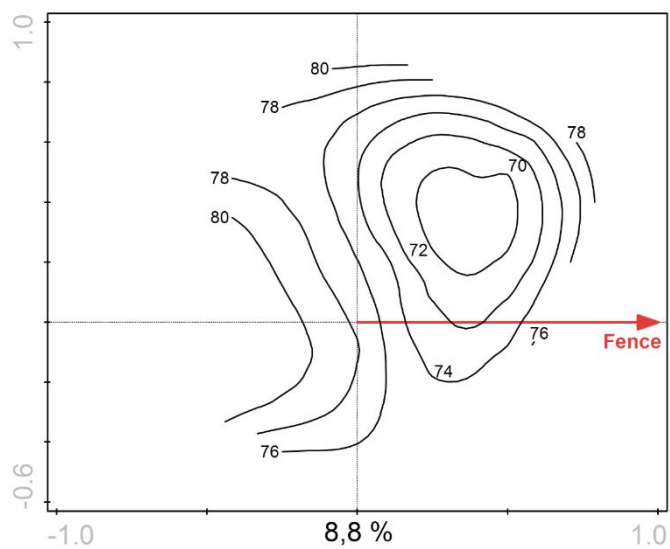
V negativní korelaci jsou juvenilní dřeviny druhů *Acer campestre*, *Sambucus nigra*, *Larix decidua* a *Fagus sylvatica*.

Další druhy jsou orientované k vektoru oplocení spíše kolmo, vzhledem k tomuto faktoru nemají žádný zásadní vztah.



Graf 15: Ordinační diagram zobrazující vliv samotného faktoru *Fence* (oplocení) na dřeviny. V grafu je zobrazeno pouze 30 nejsilněji korelovaných druhů. Zeleně vyznačené vektory s tučným písmem náležejí nejsilněji korelovaným druhům dřevin s proměnnou *Fence*; modře vyznačené vektory s tučným písmem náležejí druhům nejsilněji negativně korelovaným s touto proměnnou.

Druhová bohatost na grafu č. 16 ve směru vektoru pro oplocené napřed mírně stoupá a poté opět mírně klesá. Lze to vzhledem k relativně nízkému koeficientu determinace tohoto statistického modelu spíše považovat za artefakt analýzy, takže oplocení nemá žádný zásadní vliv na druhovou bohatost druhů mladých dřevin.



Graf 16: Závislost druhové bohatosti dřevin na vlivu oplocení. Modelovaná diverzita dosáhla koeficientu determinace 28,8 %. Ekologický hyperprostor je identický jako na grafu č. 15.

4 Diskuse

4.1 Sukcesní změny v pasekové vegetaci

Na pasekách dochází v bylinném patře v průběhu sukcesního vývoje k ruderalizaci. S časem přibývají ruderální druhy, například *Lactuca serriola*, *Daucus carota* a *Cirsium arvense* (Pladias 2021). To může být problém, protože pokud se vlivem imisí nebo akumulací živin ze stařiny zvýšila koncentrace dusíku v půdě, rostliny s vysokou kolonizační schopností by mohly ohrozit výskyt druhů s užší ekologickou amplitudou (Hofmeister et al. 2012).

Podle Hédla et al. (2010), kteří zkoumali změny vegetace bývalých výmladkových dubových lesů v Milovickém lese na jižní Moravě, bylo hlavní příčinou poklesu druhové bohatosti a posunu v druhovém složení k vegetaci mezofilních lesů upuštění od výmladkového hospodaření po druhé světové válce. Mezofilizace je způsobena například spadem dusíku, akumulací stařiny, zvýšenou vlhkostí prostředí a změnou druhového složení (Jongepierová et al. 2018). Vezmeme-li v potaz, že se od pařezení upustilo v polovině 20. století, tak se na zkoumaných plochách do let 2015–2016 akumuloval opad, který pravděpodobně obohatil půdu. Na pasekách po managementovém zásahu probíhá k mezofilizaci bylinného patra opačný proces, tedy xerofilizace. Tento proces lze interpretovat v grafu č. 8 stoupáním druhové bohatosti ve směru času, která je v téměř stoprocentně negativní korelaci s pokryvností stromového patra.

Skladba bylinných druhů v čase nehomogenizuje ani se nerozrůžňuje, protože tato charakteristika trajektorie vegetačního vývoje (graf č. 3) si převážně udržuje podobný směr a malé odchylky v posledních rocích mohou být dané drobnými disturbancemi. Generální trend vývoje je však stejný. Oproti tomu dřevinná druhová bohatost se stává více homogenní, neboť trajektorie vývoje ploch v grafech č. 4 a 6 směřují z původního většího rozptylu virtuálně na jedno místo. Tato změna je dána managementovým zásahem, kdy se z ploch odtěžilo stromové patro a v roce 2019 už na plochách najdeme hlavně juvenilní dřeviny (graf č. 5), které se v hranicích celé experimentální plochy, bez ohledu na poloze na svahové katéně, projevují v jednotlivých trvalých plochách obdobně. Z tohoto se dá vyvodit, že synuzie mladých dřevin reaguje jinak než synuzie bylin.

4.2 Druhová bohatost a efekt světla v lese

S časem a větší dostupností světla se zvyšuje četnost bylinných druhů (graf č. 8). To potvrzuje i graf č. 2, kde je přes snímky s původní lesní vegetací z roku 2013 vykreslena izočára s nejmenší *alfa* diverzitou. Od roku 2013 se na všech sledovaných plochách v bylinném patře výrazně zvýšila *alfa* diverzita, v průměru se znásobila 2,6krát a v případě první plochy (p1) dokonce vzrostla z 26 bylinných druhů na dosažené maximum 78 druhů (viz příloha č. 2). Podobný efekt, kdy s větší dostupností světla stoupala celková druhová bohatost, byl pozorován v lesích s převahou dubu ve středních Čechách (Hofmeister et al. 2009). Naopak po upuštění od pařezení se druhová bohatost postupně snižuje (Kopecký et al. 2013; Hédli et al. 2010). To znamená, že opětné zavedení pařezení ve zvláště chráněných oblastech je téměř jistě ku prospěchu ohroženým světlomilným druhům.

Na zástin pozitivně reagují zejména byliny *Hepatica nobilis* a *Mercurialis perennis* (graf č. 7), protože jsou to dominantně druhy stinných lesů. V druhé řadě na zástin pozitivně reagují *Viola riviniana* a *Poa nemoralis*, i když to jsou překvapivě druhy charakteristické spíše pro světlé lesy (Kubát 2002). *Hepatica nobilis* se v grafu č. 1 odklání od zbytku vegetace a míří k lesní vegetaci. Na základě ellenbergovských indikačních hodnot pro českou květenu (Chytrý et al. 2018) jsem odvodil, že výrazně stín-tolerující druhy, kam patří právě *Hepatica nobilis*, tvoří přibližně 7,7 % druhů cévnatých rostlin v ČR, naprostá většina ostatních druhů flóry jsou rostliny s vyššími světelnými nároky.

V grafu č. 2 zhruba uprostřed leží izočára s číslem 70, je to průměrná hodnota druhové bohatosti všech ploch a protíná vektory lesních a stepních druhů, které jsou mezi sebou v negativní korelaci. Tyto druhy mají tendenci vyskytovat se společně v podobně bohatých snímcích. Například *Anemone nemorosa*, *Lathyrus vernus*, *Campanula rapunculoides* a *Carex digitata* zaujímají v tomto ordinačním grafu shodnou část ekologického hyperprostoru, jde o druhy, které snesou polostín a najdeme je v zapojeném lese i v polootevřených porostech. Dubohabřiny jsou pro ně optimálním stanovištěm (Pladias 2021). V negativní korelaci s nimi zaujímají shodnou část ekologického hyperprostoru například druhy *Anthericum ramosum*, *Brachypodium pinnatum*, *Asperula tinctoria* a *Carex humilis*. Jsou to druhy stepních, skalnatých a otevřených strání a výslunných svahů (Kubát 2002). Největší podíl druhové bohatosti je tvořen druhy s rozmanitější ekologií a také ubikvisty.

Většina z nich jsou ruderaly, či subruderaly, například *Crepis foetida*, *Daucus carota*, *Hypericum perforatum* a *Lactuca serriola* (Pladias 2021) a přibývají s časem a větším osvětlením (graf č. 7). Tato vysoká druhová bohatost však neznamena, že se musí jednat zároveň o velmi hodnotné porosty, neboť je zvyšována právě značným podílem ubikvistů. Stejný případ byl zaznamenán jihovýchodně od PR Na Voskopě v lesích okolo obce Liteň, kde se v souboru zhruba 250 snímků největší druhová bohatost nacházela v méně ekologicky hodnotnějších porostech a byla dána ubikvisty, kteří naopak v ekologicky hodnotnějších lesích chyběli (Hédl et al. – nepublikováno). Po odtěžení stromového patra se na pasekách výrazně zvýšila celková druhová bohatost a tvoří ji hlavně nelesní druhy, podobně jako ukázala studie provedená v bučinách a doubravách na jihu Švédska (Brunet et. al 1996).

Hofmeister et al. (2009) a Schuster & Diekmann (2003) shodně uvádějí, že celková druhová bohatost se zvyšuje s rostoucí půdní reakcí v humusové vrstvě. Hofmeister et al. (2009) ještě dodávají, že se celková druhová bohatost snižuje s vyšší koncentrací dusíku v humusu. Na Voskopě se s vyšší pozicí na svahu vyskytují průkazně více pravé bazifyty jako například *Sesleria caerulea* nebo *Teucrium chamaedrys* (graf č. 10). S nižší pozicí na svahu, kde je půda hlubší a vlhčí, se vyskytují rostliny vázané na živinami bohatší půdy, například *Scrophularia nodosa* nebo *Torilis japonica* (graf č. 10) a to je pravděpodobně zapříčiněno intenzivnější kumulací živin. Druhová bohatost bylin je však vůči samotné pozici na svahu indiferentní, ale mírně koreluje se stoupajícím pH (graf č. 8). S pozicí na svahu se pH nijak výrazně nemění (Hroník 2014). Druhová bohatost dřevin se s vyšší pozicí na svahové katéně snižuje (graf č. 12). Se stoupající pozicí na svahu klesá hloubka půdy (Hroník 2014), proto na rostliny působí více abiotického stresu a tvoří méně biomasy. Tím pádem dochází k menší kumulaci mrtvé organické hmoty. Na neoplocené pasece konkrétně hloubka půdy klesá až na třetinu a na oplocené pasece téměř na polovinu vzhledem k hodnotám hloubky půdy na bázi svahu (Hroník 2014).

Ve snímcích (viz příloha 2) bylo v roce 2019 nalezeno celkem 23 druhů, které jsou uvedeny v červeném seznamu (Grulich 2017; Pladias 2021), z toho bylo devět druhů dřevin. Většina patří ke druhům vyžadujícím pozornost, ale *Anemone sylvestris*, *Quercus cerris* a *Sorbus aria* jsou druhy silně ohrožené a *Asperula*

tinctoria, *Juniperus communis*, *Lappula squarrosa*, *Quercus pubescens* a *Teucrium botrys* jsou druhy ohrožené.

4.3 Vliv zvěře

Vývoj oplocené a neoplocené paseky v čase je rozdílný. Na oplocených plochách prosperují dřeviny v bylinném i keřovém patře (graf č. 11 a 15), protože mají možnost odrůstat. To na pasece s přístupem zvěře není možné. Vlivem volného působení zvěře na neoplocené pasece sukcese směřuje k stepním trávníkům než ke křovinám nebo lesům. Aby na této pasece vznikl lesní porost, bylo by nutné ji oplotit, neboť pasení vysoké zvěře zabraňuje odrůstání dřevin (Boulanger et al. 2018).

Ukázalo se, že oplocení na druhovou bohatost dřevin nemá zásadní vliv (graf č. 12 a 16). Druhová bohatost bylin se podle grafu č. 14 na oplocené pasece vůči neoplocené pasece velmi mírně zvyšuje, přesto se na neoplocené pasece nachází s výjimkou plochy č. 2 více bylinných druhů. Toto může být způsobeno exochorií a endochorií býložravců (Pakeman et al. 2002), kteří se na oplocenou paseku nedostanou, ale také zastíněním bylinného patra keřovým patrem. Opětné zavedení výmladkového hospodaření je po produkční stránce úspěšnější na oplocené pasece, ale po stránce druhové bohatosti bylinné vegetace se vyplatí paseku neoplocovat, druhová bohatost na neoplocené pasece však může být z velké části navýšena ruderalními a subruderalními druhy, které roznáší spárkatá zvěř. Na plochách neoplocené paseky se tlakem okusu pravděpodobně nemůže obnovit nový výmladkový les.

Na neoplocených plochách prosperuje juvenilní *Acer campestre* pravděpodobně díky vysoké kolonizační schopnosti (Pladias 2021) a bohatému zdroji diaspor v bezprostředně sousedícím lesním porostu, takže spásání neohrožuje jeho výskyt. Rovněž se na neoplocených plochách daří druhu *Scrophularia nodosa*, protože tato bylina je jedovatá a nepříjemně zapáchá (Hron 1987), není tedy spásána zvěří. Podobně je na tom *Sambucus nigra*, který není palatibilní (Cornelissen et al. 2014). *Galium glaucum* prosperuje na neoplocených plochách, protože má vytvořené mechanické bariéry okusu, je trochu pichlavý díky vyšší sklerenchymatizaci pletiv. Graminoidní druhy *Carex humilis* a *Poa nemoralis* dobře regenerují, což dále dokazuje i jejich kombinovaná životní strategie CSR

(Pladias 2021). Doplnkovým kritériem pro tyto dva druhy stran životní strategie je S-skóre (Pierce et al. 2017), kdy *C. humilis* obdržela hodnotu S-skóre 67 % a *P. nemoralis* hodnotu 40,5 % (Pladias 2021).

5 Závěr

Cílem práce bylo vyhodnotit dynamiku vegetace experimentálního středního lesa v Českém krasu v přírodní rezervaci Na Voskopě, kde se každoročně provádí fytoocenologické snímkování. Předpokladem bylo, že paseky hostí velmi cenné sukcesní porosty, s výskytem řady ohrožených druhů rostlin, a proto by bylo vhodné opětovně zavést výmladkové hospodaření

Z výsledků vyplynulo, že se během několika let po smýcení stromového patra výrazně zvýšila *alfa* diverzita bylinného patra díky větší intenzitě slunečního záření, *beta* diverzita se však v čase nijak výrazně nesnižuje ani nezvyšuje. *Alfa* diverzita dřevinné vegetace se v čase nijak výrazně nemění, ale *beta* diverzita se snižuje, protože dřevinná vegetace po smýcení stromového patra homogenizuje.

Mezofilizace se na plochách po upuštění od pařezení projevovala zastíněním bylinného patra, a proto se v něm vyskytovaly převážně stín-tolerantní druhy. V druhé řadě pravděpodobně akumulací živin, protože se neodstraňovala stařina. Po smýcení stromového patra se k mezofilizaci děje opačný proces (xerofilizace), ale dochází rovněž k ruderalizaci.

Ukázalo se, že oplocení má detekovatelný vliv na vývoj vegetace. Na pasece, kde bylo zamezeno přístupu zvěře, jsou dřeviny schopny odrůstání, ale druhová bohatost bylinné vegetace je nižší než na neoplocené pasece, ta však může být navýšena ruderálními druhy a ubikvisty roznášenými zvěří. Opětné zavedení výmladkového hospodaření na plochách bývalého výmladkového lesa se jeví ku prospěchu druhům světlých lesů, ale vlivem okusu na neoplocených plochách zde vývoj nesměruje k lesům nebo křovinám, ale spíše ke stepním trávníkům.

Byla vyhodnocena dynamika vegetace pasek PR Na Voskopě. Předpoklady se potvrdily, paseky hostí velké množství druhů červeného seznamu cévnatých rostlin. Pro posouzení vlivu obnovy pařezení na druhovou bohatost je třeba pokračujících výzkumů v delším časovém horizontu.

6 Literatura

AOPK ČR (2012a): *Plán péče o Přírodní rezervaci Na Voskopě: na období 2012–2026.*

AOPK ČR (2012b): *Nariženi ř. 1 / 2012 ze dne 26. 11. 2012 Správy Chráněné krajinné oblasti Český kras, kterým se zřizuje Přírodní rezervace Na Voskopě a stanoví její bližší ochranné podmínky.*

AOPK ČR (2018a): Příloha ř. 3, Maloplošná chráněná území. – In: *Plán péče o CHKO Český kras na léta 2020–2029.*

AOPK ČR (2018b): *Rozbory CHKO Český kras k 30. 6. 2018.* – Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky

Boulangier, V., Dupouey, J., Archaux, F., Badeau, V., Baltzinger, C., Chevalier, R., Corcket, E., Dumas, Y., Forgeard, F., Mârell, A., Montpied, P., Paillet, Y., Picard, J. F., Saïd, S. & Ulrich, E. (2018): Ungulates increase forest plant species richness to the benefit of non-forest specialists. *Global Change Biology* 24(2): e485–e495

Brunet, J., Falkengren-Grerup, U. & Tyler, G. (1996): *Herb layer vegetation of south Swedish beech and oak forests – effects of management and soil acidity during one decade.* – *Forest Ecology and Management* 88(3): 259–272.

Buckley, G. P. (1992): *Ecology and Management of Coppice Woodlands.* Ed. 1. – London: Springer Science, Business Media Dordrecht, 336 p.

Buřek, A., Drobilová, L. & Friedl, M. (2011): *Význam starobyých výmladkových lesů v územních systémech ekologické stability.* – In: *ÚSES – zelená páteř krajiny* 2011. 1. vyd. Kostelec na Hané: Jola, v.o.s., s. 9–17.

Cornelissen, P., Gresnigt, M., Vermeulen, R., Bokdam, J., Smit, R. (2014): Transition of a *Sambucus nigra* L. dominated woody vegetation into grassland by a multi-species herbivore assemblage. – *Journal for Nature Conservation* 22(1): 84–92.

Culek, M. (ed.) (2013): *Biogeografické regiony České republiky.* – Brno: Masarykova univerzita.

Český statistický úřad. (2020): *Statistická ročenka České republiky: 2-3. Rozloha území České republiky, počet obyvatel, hustota obyvatelstva na 1 km² a počet obcí v územním členění k 31. 12. 2019.*

Čížek, L., Šebek, P., Bače, R., Beneš, J., Doležal, J., Dvorský, M., Miklín, J. & Svoboda, M. (2016): *Metodika péče o druhově bohaté (světlé) lesy.* České Budějovice: Entomologický ústav, Biologické centrum AV ČR, v.v.i., 126 s.

Demek, J. & Mackovčín, P., (ed.) (2006): *Zeměpisný lexikon ČR. Ed. 2.* – Brno: AOPK ČR.

Dörner P. & Müllerová J. (2014): *Od intenzivního pařezení k lesu ochrannému – analýza historického vývoje lesů na Karlštejnském panství.* – *Bohemia centralis* 32: 425–437.

Dykyjová, D. (2003): *Ekologie střeoevropských orchidejí.* – České Budějovice: Kopp, 115 p.

Ellenberg, H., & Leuschner, C. (2010): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: In ökologischer, dynamischer und historischer Sicht* (6. Aufl.). – Stuttgart: Eugen Ulmer.

Ellenberg, H., Weber, HE., Düll, R., Wirth, V., Werner, W. & Paulissen, D. (1992): *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa.* Ed. 2. – *Scripta Geobotanica* 18: 1–258.

Grulich, V., Chobot, K. (eds.) (2017): *Červený seznam cévnatých rostlin ČR.* – *Příroda* 35: 75–132.

Hausmannová, I., Heřman, P., Jančaříková, I., Ložek, V., Mottl, J., Moucha, P. & Veselý, J. (2012): *Čtyřicet let cílevědomé péče o přírodu a krajinu Českého krasu.* – *Ochrana přírody* 2: 2–7.

Hédl, R., Kopecký, M. & Komárek, J. (2010): Half a century of succession in a temperate oakwood: From species-rich community to mesic forest. – *Diversity and Distributions* 16(2): 267–276.

Hédl, R., Szabó, P., Riedl, V., & Kopecký, M. (2011a): *Tradiční lesní hospodaření ve střední Evropě I. Formy a podoby.* – *Živa* 2: 61–63.

Hédl, R., Szabó, P., Riedl, V., & Kopecký, M. (2011b): *Tradiční lesní hospodaření ve střední Evropě II. Lesy jako ekosystém.* – *Živa* 59(3): 108–110.

- Hennekens, S.M. & Schaminée J.H.J. (2001): Turboveg, a comprehensive database management system for vegetation data. – *Journal of Vegetation Science* 12: 589–591.
- 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(1): 57–75.
- Hofmeister, J., Hošek, J., Bůzek, F. & Roleček, J. (2012): Foliar N concentration and δ 15 N signature reflect the herb layer species diversity and composition in oak-dominated forests. – *Applied Vegetation Science* 15(3): 318–328.
- Hron, F. & Zejbrlík, O. (1987): *Rostliny strání, skal, křovin a lesů*. Ed. 1. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 404 p.
- Hroník, P. (2014): *Lesní vegetace vrchu Voskop v Českém krasu*. – Ms., 106 p. [Diplomová práce, depon. in: Knihovna ČZU, Praha].
- Chobot, K. & Němec, M. (eds.) (2017): Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Obratlovci. – *Příroda*, Praha, 34: 1–182.
- Chytrý, M. (ed.) (2013): *Vegetace České republiky: 4. Lesní a křovinná vegetace*. – Praha: Academia.
- Chytrý, M., Tichý, L., Dřevojan, P., Sádlo, J. & Zelený, D. (2018): Ellenberg-type indicator values for the Czech flora. – *Preslia* 90: 83–103.
- Jongepierová, I., Pešout, P. & Prach, K. (eds.) (2018): *Ekologická obnova v České republice II*. – Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky.
- 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 p.
- Kopecký, M., Hédli, R. & Szabó, P. (2013): Non-random extinctions dominate plant community changes in abandoned coppices. – *Journal of Applied Ecology* 50(1): 79–87.
- Kubát K., Hrouda L., Chrtěk J. jun., Kaplan Z., Kirschner J. & Štěpánek J. (eds.) (2002): *Klíč ke květeně České republiky*. – Praha: Academia, 928 p.

- Ložek, V., Kubíková, J., Špryňar, P. et al. (2005): *Střední Čechy*. – In: Mackovčín P. & Sedláček M. (eds), *Chráněná území ČR, svazek XIII, AOPK ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 904 p.*
- Matoušek, V., Petr, J. & Vladimír, P. (2005): *Jeskyně Čech, Moravy a Slezska s archeologickými nálezy*. – Praha: Libri.
- Ministerstvo zemědělství (2020): *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2019*. – Praha: Ministerstvo zemědělství. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/661268/Zprava_o_stavu_lesa_2019_WEB.pdf
- Möllerová, J. & Viewegh, J. (2005): Vegetation of the Nature Reserve Voskop (Protected Landscape Area Český kras) and possible trends of its development. – *Journal of Forest Science* 51: 24–28
- Moravec, J., Blažková, D., Hejný, S., Husová, M., Jeník, J., Kolbek, J., Krahulec, F., Krečmer, V., Kropáč, Z., Neuhäusl, R., Neuhäuslová-Novotná, Z., Rybníček, K., Rybníčková, E., Samek, V. & Štěpán, J. (1994): *Fytocenologie (Nauka o vegetaci)*. Ed. 1. – Praha: Academia.
- Müllerová, J., Hédl, R. & Szabó, P. (2015): Coppice abandonment and its implications for species diversity in forest vegetation. – *Forest Ecology and Management* 343: 88–100.
- Novák, A. & Tlapák, J. (1974): *Historie lesů v Chráněné krajinné oblasti Český Kras*. – *Bohemia centralis* 3: 9–40.
- Nožička, J. (1957): *Přehled vývoje našich lesů*. – Praha: Státní zemědělské nakladatelství.
- Oulehle, F., Hofmeister, J., Cudlín, P. & Hruška, J. (2006): The effect of reduced atmospheric deposition on soil and soil solution chemistry at a site subjected to long-term acidification. – *Science of the Total Environment* 370(2–3): 532–544.
- Pakeman, R. J., Digneffe, G. & Small, J. L. (2002): Ecological correlates of endozoochory by herbivores. – *Functional Ecology* 16(3): 296–304.
- Pierce, S., Negreiros, D., Cerabolini, B. E. L., Kattge, J., Díaz, S., Kleyer, M., Shipley, B., Wright, S. J., Soudzilovskaia, N. A., Onipchenko, V. G., van Bodegom, P. M., Frenette-Dussault, C., Weiher, E., Pinho, B. X., Cornelissen, J. H. C., Grime, J. P., Thompson, K., Hunt, R., Wilson, P. J., Buffa, G., Nyakunga, O. C., Reich, P.

- B., Caccianiga, M., Mangili, F., Ceriani, R. M., Luzzaro, A., Brusa, G., Siefert, A., Barbosa, N. P. U., Chapin, F. S., Cornwell, W. K., Fang, J., Fernandes, G. W., Garnier, E., Le Stradic, S., Peñuelas, J., Mělo, F. P. L., Slaviero, A., Tabarelli, M. & Tampucci, D. (2017): A global method for calculating plant CSR ecological strategies applied across biomes world-wide. – *Functional Ecology* 31: 444–457.
- Rothmaler W. (2009): *Exkursionsflora von Deutschland*. – *Spektrum Akademischer Verlag*, Heidelberg, 753 p.
- Řezáč, M., Kůrka, A., Růžička, V. & Heneberg, P. (2015): Red List of Czech spiders: 3rd edition, adjusted according to evidence-based national conservation priorities. – *Biologia* 70(5): 645–666.
- Sádlo, J. (2001): *Voskop – botanické podklady pro vyhlášení CHÚ a pro plán péče*. – Ms. [depon. in: Botanický ústav AVČR]
- Schuster, B. & Diekmann, M. (2003): Changes in species density along the soil pH gradient – Evidence from German plant communities. – *Folia Geobotanica* 38(4): 367–379.
- Simanov, V. (2016): *České lesy v datech a číslech*. – Praha: Národní zemědělské muzeum, s. p. o.
- Skalický, V. (1988): Regionálně fytogeografické členění – In: Hejný, S. & Slavík, B. (eds.) (1988): *Květena ČSR I*, Praha: Academia. 103–121.
- Ter Braak, C. J. F. & Šmilauer, P. (2012): *Canoco reference manual and user's guide: software for ordination, version 5.0*. – Microcomputer Power, Ithaca, USA, 496 p.
- The GIMP Team (2021): *GIMP* [software]. [přístup 2021-1-5]. Dostupné z: <https://gimp.org>.
- Tichý, L. (2002): JUICE, software for vegetation classification. – *Journal of Vegetation Science* 13: 451–453.
- Utinek, D. (2014): Střední a nízký les – proč a jak? (I. část). – *Ochrana přírody* 14: 12–15.

Viewegh, J. (2003): *Klasifikace lesních rostlinných společenstev (se zaměřením na Typologický systém ÚHÚL)*. – učební text (skriptum), Fakulta lesnická a dřevařská ČZU v Praze, 216 p.

Westhoff, V. & Van der Maarel, E. (1978): *The Braun-Blanquet approach*. – In: Whittaker, R. H. (ed.): *Classification of plant communities*, W. Junk, The Hague, p. 289–399.

Zbúrová, A. (2019): *Květena pasek výmladkových lesů Českého krasu*. – Ms., 82 p. [Bakalářská práce, depon. in: Knihovna ČZU, Praha]

Internetové zdroje

Pladias (2021): Databáze české flóry a vegetace [online]. [cit. 2021-2-19]. Dostupné z: <https://pladias.cz>

Přílohy:

Příloha 1: Sádlo, J. (2001): Příloha M8 – Současná vegetace podle J. Sádla. In: <http://ceskykras.ochranaprirody.cz> [online]. 2001 [cit. 2020-05-06].

