

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa

**Lesní vegetace historických pařezin vrchu
Boubová u Srbska (Karlštejnsko)**

Diplomová práce

Autor: Mgr. Zuzana Krupičková

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

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Mgr. Zuzana Krupičková

Lesní inženýrství

Lesní inženýrství

Název práce

Lesní vegetace historických pařezin vrchu Boubová u Srbska (Karlštejsko)

Název anglicky

Forest vegetation of historical coppiced woodland on the *Boubová Hill* (*Karlštejsko* region)

Cíle práce

Podstatou práce bude fytocenologická analýza lesní vegetace subtermofilní habrové doubravy, pokrývající jižní svahy vrchu Boubová ležící severovýchodně od obce Srbsko na Karlštejsku. Zdejší lesní porosty byly v minulosti výrazněji ovlivněné pařezáním a v současnosti představují tvar nepravé kmenoviny. Cílem práce je zejména provést komparativní analýzu s obdobnými porosty ležícími v přírodních rezervacích Na Voskopě a Koda (chráněná krajinná oblast Český Kras) a zajistit tak podpůrná vegetační data pro dlouhodobý výzkum ekologie pařezin prováděný na Katedře ekologie lesa.

Metodika

V lesním porostu lokality Na Pláních vybraném dle obdobné fyziognomie stromového patra s referenčními porosty v přírodních rezervacích Na Voskopě a Koda bude vyznačeno 40 kruhových ploch o poloměru 8,5 m. Z tohoto počtu 30 ploch bude rozmístěno v šesti pruzích orientovaných dle směru plánované těžby (šikmo po svahu), o šířce každého pruhu 25 m. Délka každého pruhu by měla být 125 m. Plochy budou v rámci jednoho pruhu v takovém rozestupu, aby se nedotýkaly. Zbýlých deset ploch bude rozmístěno podél obvodu celého kosodélníku (jehož rozloha je 150 x 125 m). V každé ploše bude proveden fytocenologický snímek s vyhodnocením stromového, keřového a bylinného patra a s použitím Braun-Blanquetovy devítičlenné stupnice abundance. Na zkusných plochách bude dále odečítána hloubka půdy (pomocí tyčové sondýrky) a bude odebrán směsný půdní vzorek z horizontu A ke změření půdní reakce v laboratoři. Získaná data budou vyhodnocena pomocí mnohorozměrných statistických metod v programu Canoco 5.

Doporučený rozsah práce

40-80 normostran (bez příloh)

Klíčová slova

Fytocenologie, druhová diverzita, management, pařežiny, srovnávací analýza, dubohabřiny, bylinné patro

Doporučené zdroje informací

- Buckley E.P. (ed.) (1992): Ecology and management of coppiced woodlands. – Champan & Hall, London, 336 p.
- Hroník P. (2014): Lesní vegetace vrchu Voskop v Českém krasu. – Ms., Dipl. práce, depon. in: Fakulta lesnická a dřevařská, Praha-Suchdol, 106 p.
- 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.
- Mejstřík M. (2018): Lesní vegetace lokality Za Lípou v chráněné krajinné oblasti Český Kras. – Ms., Dipl. práce, depon. in: Fakulta lesnická a dřevařská, Praha-Suchdol, 68 p.
- Michna M. (2013): Vliv abiotických faktorů na podrostní vegetaci dubových pařežin v Českém krasu. – Ms. Dipl. práce, depon. in: Fakulta životního prostředí, Praha-Suchdol.
- Moravec J. et al. (1994): Fytocenologie. – Academia, Praha, 403 p.
- Thomas P.A. & Packham J.R. (2007): Ecology of woodlands and forests. – Cambridge University Press, Cambridge, 528 p.
- Unrau A., Becker G., Spinelli R., Lazdina D., Magagnotti N., Nicolescu V.N., Buckley P., Bartlett D. & Kofman P.D. (eds) (2018): Coppice forests in Europe. – Albert Ludwig University of Freiburg, Freiburg, 387 p.
- Van Calster, H., Baeten, L., Verheyen, K., De Keersmaeker, L., Dekeyser, S., Rogister, J.E., et al. (2008): Diverging effects of overstorey conversion scenarios on the understorey vegetation in a former coppice-with-standards forest. – Forest Ecology and Management 256: 519–528.
- Zlatník A. (1957): Výmladkové lesy s hlediska proměn lesů pod vlivem člověka a úloha ekologie při přeměnách a převodech výmladkových lesů. – Sborník ČSAZV, Lesnictví 3/2: 109–124.
-

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, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 15. 05. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Lesní vegetace historických pařezin vrchu Boubová u Srbska (Karlštejsko)“ vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Tomáše Černého, Ph.D., a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma, že zveřejněním diplomové 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 10. 6. 2020

Podpis autora

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala všem, kteří mi při tvorbě práce pomáhali. Zejména děkuji svému školiteli Mgr. Tomáši Černému, Ph.D., za individuální přístup a pomoc při zpracování statistických analýz a Mgr. Petru Karlíkovi, Dr. rer. nat., za pomoc při sběru dat v terénu a determinaci obtížných druhů.

Rovněž děkuji Ing. Miloslavu Svozilovi, vedoucímu lesní správy Hlubočky, VLS ČR s.p., za impuls k podání přihlášky ke studiu lesního inženýrství. Bez něho by tato práce pod mým jménem nevznikla.

Abstrakt

Od druhé poloviny 19. století došlo na území České republiky ke změnám hospodaření v lesích, které zapříčinilo úbytek světlých lesů. Lesy byly převáděny z nízkého a středního lesa na tvar lesa vysokého. Došlo ke změně druhového složení dřevin a tím i ke změně druhové diverzity bylinného patra. V posledních letech se objevují snahy obnovit tradiční výmladkové hospodaření a podpořit tak druhovou pestrost v lesích. Tato práce je součástí dlouhodobého výzkumu ekologie pařezin v chráněné krajinné oblasti Český kras. V národní přírodní rezervaci Karlštejn na jižním svahu vrchu Boubová byla založena nová výzkumná lokalita Na Pláních. Hlavním cílem této práce bylo zaznamenat výchozí stav vegetace a proměnné prostředí před tím, než bude zahájena obnova lesa a jeho převod na les střední. Zdejší lesní porosty byly v minulosti ovlivněné pařezáním a v současnosti představují tvar nepravé kmenoviny. Během vegetační sezóny v roce 2019 bylo vymezeno 40 trvalých zkusných ploch, na kterých bylo provedeno fytoocenologické snímkování a sběr dat. Dalším cílem práce bylo porovnání této lokality s již založenými lokalitami v přírodní rezervaci Na Voskopě a na vrchu Za Lípou v národní přírodní rezervaci Koda. Z porovnání všech lokalit vyplývá, že největší vliv na druhovou diverzitu bylinného patra má vliv světla v porostu. S klesající pokryvností stromového patra byla v bylinném patře zaznamenána vyšší druhová diverzita. Významnými proměnnými z měřených vlastností prostředí na zkoumané lokalitě Na Pláních, které ovlivňují variabilitu druhů, jsou hloubka půdy a obsah stroncia v půdě, které spolu úzce korelují.

Klíčová slova: fytoocenologie, druhová diverzita, pařeziny, dubohabřiny, management, srovnávací analýza, bylinné patro

Abstract

Since the second half of the 19th century, there were changes in forest management in the Czech Republic, which caused the loss of open woodlands. Forests were converted from coppice and coppice with standards to the form of high forest. There was a change in the species composition of woody plants and thus a change in the species diversity of the herb layer. In recent years, efforts have been made to restore traditional coppice forest management and thus support species diversity in forests. This work is part of a long-term research of ecology forests ecosystems in the protected landscape area in the Bohemian Karst. A new research site, Na Pláních, was established in the Karlštejn National Nature Reserve on the southern slope of Boubová Hill. The main aim of this thesis was to record the initial state of vegetation and environmental variables before the beginning of forest regeneration and its conversion to the coppice of standards. The local forests were in the past influenced by coppice management and now represent the form of irregular stemwood. During the vegetation season in 2019, 40 permanent experimental plots were defined, on which phytocenological imaging and data collection were performed. Another aim of this thesis was to compare this locality with already established localities in the nature reserve Na Voskopě and on the hill Za Lípou in the national nature reserve Koda. A comparison of all localities shows, that the greatest influence on the species diversity of the herb layer is the influence of light in the forest. With the decreasing cover of the tree layer a higher species diversity was recorded in the herb layer. Significant variables from the measured properties of the environment at the investigated locality Na Pláních, which affect the variability of species, are the depth of the soil and the content of strontium in the soil, which are closely correlated.

Keywords: phytosociology, species diversity, coppices, oak-hornbeam forests, management, comparative analysis, herb layer

Obsah

1 ÚVOD.....	12
2 LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	13
2.1 CHKO Český kras.....	13
2.2 NPR Karlštejn.....	17
2.2.1 Vymezení a charakteristika.....	17
2.2.2 Lesní vegetace NPR Karlštejn.....	20
2.2.3 Lesnická typologie.....	22
2.3 Historie lesů na panství Karlštejn.....	25
2.4 Problematika nízkého a středního lesa	26
2.5 Význam lesa nízkého a středního pro biodiverzitu	30
2.6 Problematika převodu pařezin	32
2.7 Obnova tvaru středního lesa v NPR Karlštejn	33
3 METODIKA.....	34
3.1 Popis celkového výzkumu.....	34
3.2 Terénní a laboratorní práce.....	35
3.2.1 Vymezení zkusných ploch.....	35
3.2.2 Popis vegetace.....	37
3.2.3 Půdní vlastnosti, sklon a orientace.....	38
3.3 Zpracování dat.....	39
3.3.1 Editace dat.....	39
3.3.2 Analýza dat.....	40
4 VÝSLEDKY.....	41
4.1 Výsledky fytoocenologického snímkování.....	41
4.2 Stanovištní poměry.....	41

4.2.1	Hodnoty pH.....	41
4.2.2	Hloubka půdy a prvkové složení v půdě.....	42
4.2.3	Ostatní měřené proměnné prostředí.....	43
4.3	Statistické vyhodnocení pomocí mnohorozměrných analýz.....	43
5	DISKUZE.....	58
5.1	Významné druhy na lokalitě Na Pláních.....	58
5.2	Vegetace.....	58
5.3	Stanovištní poměry.....	60
5.3.1	Prvky v půdě.....	60
5.3.2	Hloubka půdy.....	62
5.3.3	Hodnota pH.....	62
5.4	Statistické vyhodnocení pomocí mnohorozměrných analýz.....	63
6	ZÁVĚR.....	64
7	SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	65
8	PŘÍLOHY.....	70

Seznam obrázků

Obr. 1: Současné zastoupení dřevin v NPR Karlštejn.....	17
Obr. 2: Lokalizace NPR Karlštejn a plochy s plánovaným experimentem.....	18
Obr. 3: Typologická mapa NPR Karlštejn s vyznačenou plochou experimentu.....	23
Obr. 4: Výřez z porostní mapy LHC Nižbor.....	24
Obr. 5: Trvalé označení zkusných ploch v terénu.....	36
Obr. 6: Schématická mapa jednotlivých ploch podle polohy ve svahu.....	36

Seznam tabulek

Tab. 1: Braun-Blanquetova stupnice.....	37
Tab. 2: Hodnoty pH naměřené v půdě na jednotlivých zkusných plochách	42
Tab. 3: Prvky v půdě a jejich naměřené hodnoty.....	42
Tab. 4: Přehled průměrných hodnot jednotlivých proměnných prostředí.....	43
Tab. 5: Numerické vyhodnocení ordinačních nepřímých analýz PCA.....	44
Tab. 6: Numerické vyhodnocení přímých ordinačních analýz RDA.....	51
Tab. 7: Ohrožené druhy obsažené v Červeném seznamu.....	58
Tab. 8: Porovnání zastoupení prvků v půdě na srovnávaných lokalitách.....	60

Seznam grafů

Graf 1a: Ordinační diagram nepřímé lineární analýzy PCA (bylinné patro).....	45
Graf 1b: Atributový diagram druhové bohatosti.....	45
Graf 2: Ordinační diagram nepřímé lineární analýzy PCA (dřevinné patro).....	46
Graf 3: Ordinační diagram nepřímé lineární analýzy PCA (pouze bylinné patro, zobrazeny doplňkové proměnné Ellenbergových indikačních hodnot).....	47
Graf 4: Ordinační diagram analýzy PCA zobrazující vzájemné vztahy použitých enviromentálních a doplňkových proměnných.....	48
Graf 5: Ordinační diagram analýzy PCA zobrazující vzájemné vztahy koncentrací prvků v půdě.....	50
Graf 6a: Ordinační diagram přímé lineární analýzy RDA s použitím pozice ploch na svahové katéně jako hlavní proměnné prostředí.....	51
Graf 6b: Atributový diagram druhové bohatosti.....	51
Graf 7a: Ordinační diagram přímé lineární analýzy RDA zobrazující dřeviny stromového i keřového patra v závislosti na hloubce půdy.....	53
Graf 7b: Atributový diagram druhové bohatosti.....	53
Graf 8a: Přímá gradientová analýza RDA s testem vlivu obsahu yttria v půdě a pH na vegetaci bylinného patra.....	54
Graf 8b: Atributový diagram druhové bohatosti.....	54
Graf 9a: Ordinační diagram přímé lineární analýzy RDA zobrazující vliv půdní chemie na zastoupení druhů bylin ve snímcích.....	55
Graf 9b: Atributový diagram druhové bohatosti.....	55
Graf 10: Ordinační diagram přímé lineární analýzy RDA zobrazující vliv statisticky průkazných proměnných na druhovou skladbu bylinného patra, s vynesením doplňkových proměnných.	56

1 Úvod

V 50–60 letech minulého století docházelo na území našeho státu k převodům lesů nízkých a středních na lesy vysoké. Postupný úbytek tradičních hospodářských tvarů měl vliv na snižování biodiverzity a ústup některých druhů rostlin vázaných na světlé lesy. V současnosti se objevují na některých místech České republiky snahy obnovit původní výmladkové hospodaření a zkoumat vliv tohoto hospodaření na živočišné a rostlinné druhy a jejich diverzitu.

Zkoumaná lokalita Na Pláních je součástí národní přírodní rezervace Karlštejn (NPR Karlštejn), nacházející se uvnitř CHKO Český Kras. Jde o lesní vegetaci nízkokmenné subtermofilní habrové doubravy, která byla v minulosti intenzivně využívána člověkem. Porosty byly obhospodařovány jako pařeziny, označované také jako lesy výmladkové či lesy nízké. Postupně byly v polovině minulého století převedeny jejich předržením nad běžné obmýtí. Takto vzniklý porost nazýváme nepravou kmenovinou.

Převodem nízkých lesů na lesy vysoké dochází ke změně biodiverzity. Koruny stromů se zatahují, v porostech ubývá světlo a teplo, zvyšuje se vlhkost, mění se mikroklima a dochází k vymizení řady světlomilných druhů vázaných na světlé lesy (Čížek et al. 2016). Plán péče o NPR Karlštejn navrhuje obnovení ekosystémů vzniklých dlouhodobým hospodařením člověka, znovuzavedení lesa nízkého, resp. středního, pro umožnění existence světlomilných organizmů.

Cílem této práce je zachytit aktuální vegetační data v porostu nepravé kmenoviny před jejím smýcením a postupným převodem na les výmladkový a zajistit tak podpůrná vegetační data pro dlouhodobý výzkum ekologie pařezin prováděný na Katedře ekologie lesa ČZU v Praze. Současně je cílem provést srovnávací analýzu s daty získanými v obdobných porostech nacházejících se rovněž v CHKO Český Kras, a to s daty získanými Hroníkem (2014) z přírodní rezervace Na Voskopě a s daty z NPR Koda získanými Mejstříkem (2018). V rámci praktické části byly vymezeny trvalé zkusné plochy, na kterých se budou v rámci dlouhodobého výzkumu provádět opakované fytoecologické průzkumy. Na zkusných plochách byly dále měřeny proměnné prostředí jako hloubka půdy, pH půdního vzorku, orientace a sklon zkusných ploch, obsah prvků v půdě, maximální kapilární kapacita. Vztahy

vegetačních dat a proměnných prostředí byly nakonec vyhodnoceny pomocí mnohorozměrných statistických analýz v programu Canoco 5.

2 Literární rešerše

2.1 CHKO Český kras

Chráněná krajinná oblast Český kras byla vyhlášena výnosem Ministerstva kultury ČSR pod č.j. 4.947/72-II/2 ze dne 12. dubna 1972 na území o rozloze 12 823 ha. Podle tohoto výnosu je posláním chráněné krajinné oblasti ochrana všech hodnot krajiny, jejího vzhledu a jejích typických znaků i přírodních zdrojů a vytváření vyváženého životního prostředí. K typickým znakům krajiny náleží zejména její povrchové utváření, včetně vodních toků a ploch, rozvržení a využití lesního a zemědělského půdního fondu, její vegetační kryt a volně žijící živočišstvo a ve vztahu k ní také rozmístění a urbanistická skladba sídlišť, architektonické stavby a místní zástavba lidového rázu (Výnos č.j. 4.947/72-II/2). Český kras je jedinečné území z hlediska světové geologie, stratigrafie siluru a devonu a výzkumu vývoje života. Je to největší vápencové území v Čechách se zachovalými rozsáhlými plochami společenstevch skalních stepí, lesostepí a listnatých lesů s bohatou přirozenou květenou a zvířenou (Ložek et al. 2005). Na území CHKO bylo dosud zřízeno 21 maloplošných zvláště chráněných území, z toho 2 národní přírodní rezervace, 4 národní přírodní památky, 9 přírodních rezervací a 6 přírodních památek. 8 lokalit o celkové výměře 3628 ha bylo zařazeno jako evropsky významné lokality do soustavy Natura 2000 (www1).

Geologický podklad území Českého krasu tvoří převážně vápencová souvrství tzv. pražské pánve (elipsovité území, jehož delší osa sahá od Prahy až do koněpruské oblasti jižně od Berouna). Mořská sedimentace tu probíhala v prvohorách od ordoviku do středního devonu. Koncem středního devonu moře ustoupilo a 270 miliónů let bylo souší, až do svrchní křídý období druhohor, kdy se naposledy zalilo mořem. Počátek období vzniku krasových jeskyní spadá do období třetihor. Ve čtvrtohorách se vyvinul reliéf do dnešní podoby – mírně zvlněná plochá vrchovina. Došlo k zahloubení řeky Berounky a jejích přítoků a vzniku kaňonovitých údolí. V Českém krasu jsou patrné četné krasové formy, které utváří hodnotný krajinný ráz území. Jedná se především o údolí Berounky a údolí krasových roklí (např. údolí Kačáku, Císařské rokle, údolí Bubovického, Karlického a Radotínského potoka),

nechybí ani drobná škrapová pole a závrtý a rozsáhlé jeskynní systémy (např. Koněpruské jeskyně, jeskynní systém na Chlumu a další) (Ložek et al. 2005).

Z hlediska půdních procesů patří území do pestré oblasti s hnědozemním půdotvorným procesem. Na vápencích se vytvářejí rendziny a pararendziny, na říčních terasách se nachází podzoly a na kyselých horninách (břidlice, křemence) hnědý ranker až málo vyvinuté hnědozemě (www1). V Českém krasu se vyskytuje i půdní typ *terra fusca* (ze skupiny půd *terrae calcis*) (Šamonil 2007). Jedná se o typickou silně zvětralou reliktní půdu, která vznikla ve vlhkém a teplém třetihorním podnebí pod lesními porosty (Tomášek 2003).

Podle Quitta (1971) spadá západní a centrální část Českého krasu do mírně teplé klimatické oblasti (MT11), která je charakteristická dlouhým, teplým a suchým létem a krátkou, mírně teplou a suchou zimou s krátkou dobou sněhové pokrývky. Severovýchodní část území leží v teplé klimatické oblasti (T2), která je celkově sušší a na jaře a podzim teplejší. Průměrná roční teplota je 8-9 °C, průměrný roční úhrn srážek dosahuje 480-530 mm. Díky pestrosti terénu a charakteru rostlinného pokryvu se zde výrazně uplatňují mikroklimatické vlivy (Ložek et al. 2005). Podle údajů z meteorologické stanice Vysoký Újezd u Berouna, která je od studované lokality vzdálena 6,5 km SV, byla průměrná roční teplota v letech 2012-2019 9,8 °C a průměrný roční úhrn srážek 536 mm (www2).

CHKO Český kras leží v povodí řeky Berounky. Mezi její levostranné přítoky patří Loděnice, Bubovický potok, Budňanský potok, Třebáňský potok, Karlický potok, Kluček, Švarcava a Radotínský potok. Spolu s pravobřežními bezejmennými přítoky vytékající z Kodske a Císařské rokle dotváří údolí Berounky specifický přírodní a krajinný ráz oblasti a zvyšuje celkovou biodiverzitu.

Podle fyto geografického členění ČR (Skalický 1988) spadá celé území CHKO do fyto geografického okresu Český kras. Jedná se o obvod Českého termofytika s extrazonální teplomilnou vegetací a květenou, zaujímající území převážně částí planárního až kolinného stupně. Složení vegetace je ovlivněno převážně vápencovým podkladem, specifickou geomorfologií krajiny, sousedními teplými a suššími regiony xerothermní oblasti a lidskou činností. Je zde charakteristický výskyt jednak teplomilných a suchomilných submediteránních druhů rostlin, jednak druhů středoevropské lesní květeny (Ložek et al. 2005). Z lesních fytoocenóz je pro oblast charakteristický výskyt šipákových a jiných teplomilných doubrav při současné absenci klimaxových bučin (Skalický 1988).

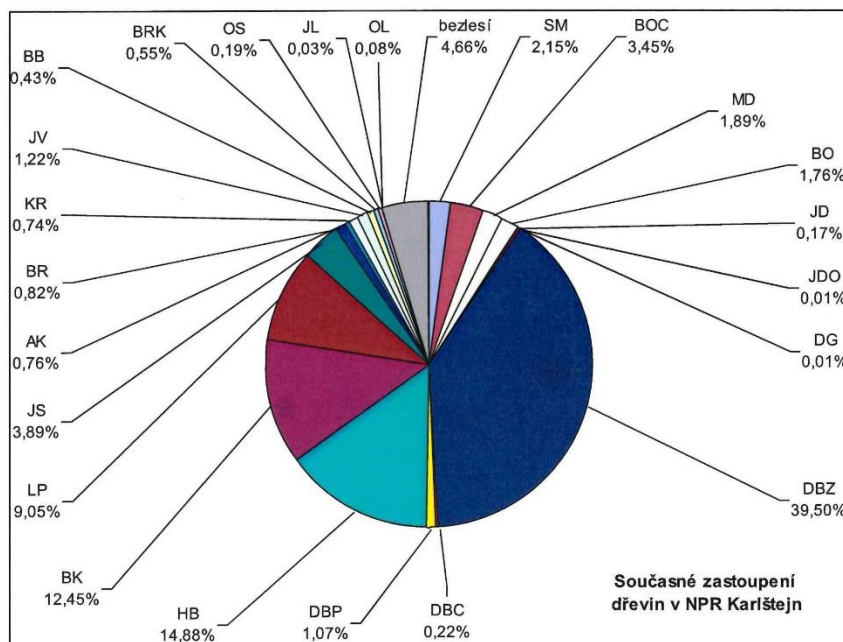
Podle mapy potenciální přírodní vegetace (Neuhäuslová et al. 1998) by po vyloučení další činnosti člověka vznikla na větší části území CHKO černýšová dubohabřina (asociace *Melampyro nemorosi-Carpinetum*) s dominantou dubu zimního a habru ve stromovém patře a s četnými mezofilními druhy bylinného patra (*Hepatica nobilis*, *Galium sylvaticum*, *Campanula persicifolia*, *Lathyrus niger*, *Lathyrus vernus* aj.). Jihovýchodním okrajem by se rozprostírala biková nebo jedlová doubrava (asociace *Luzulo albidae-Quercetum petraeae*, *Abieti-Quercetum*) a jen pomístně v severní části území by se vyskytovala mochnová doubrava (asociace *Potentillo albae-Quercetum*) a hrachorová nebo kamejková doubrava (asociace *Lathyro versicoloris-Quercetum pubescentis*, *Lithospermo-Quercetum*) s dubem pýřitým a jeřábem břekem.

V současné době zaujímají více než třetinu plochy CHKO lesy (38 %). Díky klimatickým podmínkám je hospodářský význam lesů malý. Rozmanité stanovištní podmínky, které jsou dány především výraznou členitostí terénu a proměnlivým geologickým substrátem, a tím pádem i půdami, přispívají k druhové bohatosti zdejších lesů (Anonymus 2017). Díky své poloze byla oblast již od paleolitu ovlivňována lidskou činností. Lesy byly přeměňovány na pastvu, vyklučovány pro zemědělské využití a pro těžbu paliva. Karlštejnské lesy byly rovněž poškozovány zvěří, hrabáním steliva a pastvou dobytka v lese, které byly zakázány v roce 1887. Vlivem těchto důvodů a také kvůli extrémním poměrům stanovišť byl v lesích poměrně vysoký nezdar zalesňovacích prací (Novák & Tlapák 1974). Plochy, které se hodily pro zemědělské využití, byly natrvalo odlesněny. Na ostatních místech se udržely na poměrně velkých a souvislých plochách porosty dřevin víceméně původních populací (Ložek et al. 2005). V minulosti byly lesy obhospodařovány jako pařeziny pro produkci paliva, s nástupem průmyslové revoluce byly postupně převáděny na les vysoký. Tím došlo k výrazné změně v druhovém zastoupení porostů. Holiny na hlubších a na vláhu bohatších půdách byly osazovány smrkem ztepilým, také byly vysazovány dřeviny v Čechách nepůvodní jako jihoevropská borovice černá na stanoviště vysychavých doubrav, bukových doubrav i šipákových doubrav, severoamerický akát na pastvou přeměněná stanoviště šipákových doubrav a v příměsi na různá stanoviště modřín opadavý.

Současná druhová skladba lesních porostů je tvořena především duby (dubem zimním, dubem pýřitým a výjimečně dubem letním), habrem, bukem, lípami, jasanem a javory. Z jehličnatých dřevin se vyskytuje smrk, borovice lesní, borovice černá, modřín a jedle. Procentuální zastoupení jednotlivých dřevin je zobrazeno na obr. 1. K nejcennějším

porostům patří šipákové doubravy s dřínem (asociace *Lathyro versicoloris-Quercetum pubescentis*). Mají podobu rozvolněných, zakrslých porostů na mělkých půdách vápenců. S dubem pýřitým se tu vyskytuje jeřáb muk (*Sorbus aria*), jeřáb břek (*Sorbus torminalis*), dřín obecný (*Cornus mas*), svída krvavá (*Cornus sanguinea*), hlohy a růže coby zástupci keřového patra. Bohaté je i bylinné patro zastoupené např. třemdavou bílou (*Dictamnus albus*), sasankou lesní (*Anemone sylvestris*), kamejkou modronachovou (*Buglossoides purpurocaerulea*) a jinými. Na šipákové doubravy navazují na odvápněných půdách mochnové doubravy (asociace *Potentillo albae-Quercetum*). Nejrozšířenější jsou z lesních společenstev habrové doubravy (asociace *Melampyro nemorosi-Carpinetum*) s výskytem vzácnějších druhů jako např. lilie zlatohlávek (*Lilium martagon*), medovník meduňkolistý (*Melittis melissophyllum*), okrotice bílá (*Cephalanthera damasonium*), kruštík širolistý (*Epipactis helleborine*). Na menších plochách lze najít i vápnomilné bučiny a suťové lesy s javorem mléčem a klenem (*Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus*) a lípou velkolistou (*Tilia platyphyllos*) (Ložek et al. 2005).

Zásady hospodaření v lesích obsahuje a zároveň závazným podkladem pro zpracování lesního hospodářského plánu (LHP) je Plán péče o CHKO Český kras na léta 2017 – 2025. Obhospodařování lesů v CHKO se provádí dle jejich zařazení do ochranných zón. Více jak polovina výměry lesů je zařazena do 1. zóny ochrany přírody, v kterých se dbá na zachování předmětů ochrany území. Jedná se vesměs o lesy v maloplošných chráněných územích, které jsou ve vymezených územích ponechány trvale bez zásahu člověka (části lesa v NPR Karlštejn – např. bezzásahová oblast Doutnác a NPR Koda). Některé části jsou vymezeny k převedení na nízký nebo střední les. Necelá polovina výměry lesa se nachází ve 2. zóně a měla by být obhospodařována přírodě blízkým způsobem, tzn. že by měl být udržen vysoký podíl dřevin přirozené druhové skladby, měl by převažovat podrostní způsob hospodaření s co největším podílem přirozené obnovy. Na vybraných lokalitách je podporováno zavedení tvaru lesa nízkého či středního. U lesů ve 3. zóně je žádoucí dosáhnout v co nejkratší době minimálního podílu melioračních a zpevňujících dřevin stanoveného lesním zákonem (www1). V současné době je cca 46,7 % porostů v CHKO ve vlastnictví státu – LČR, s.p. a AOPK ČR, 26,7 % obhospodařují soukromí vlastníci nad 100 ha a zbylých 26,6 % ostatní drobní vlastníci, včetně církví.



Obr. 1: Současné zastoupení dřevin v NPR Karlštejn. Zdroj: Anonymus 2017.

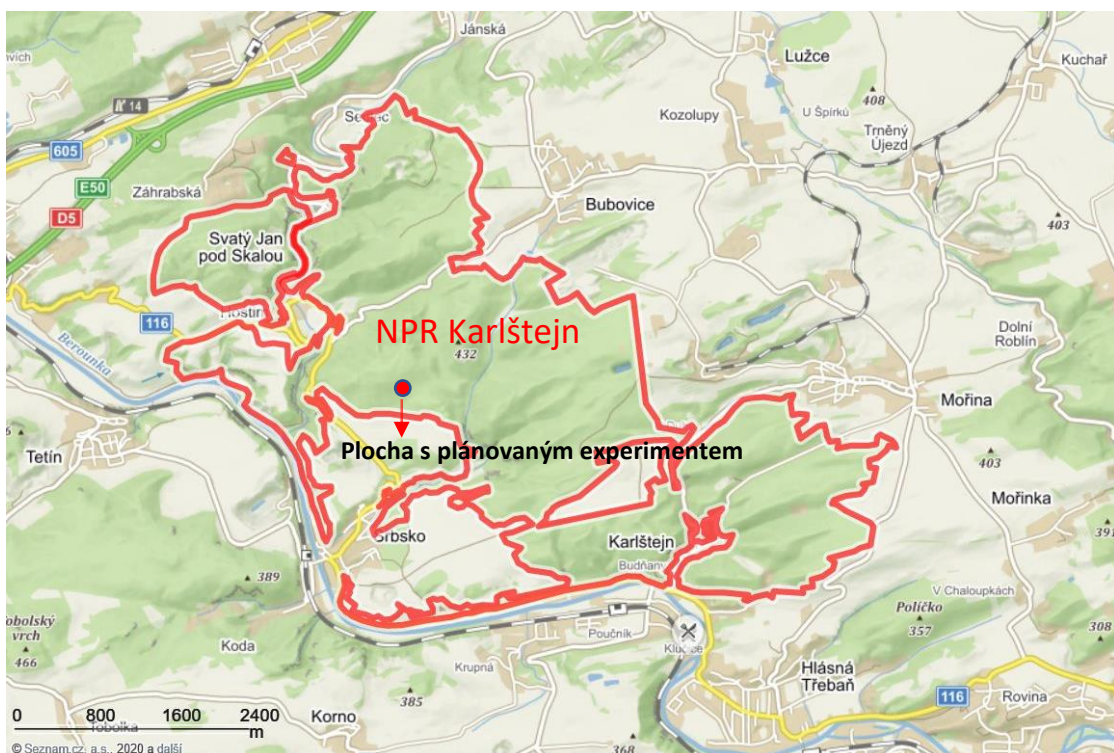
2.2 NPR Karlštejn

2.2.1 Vymezení a charakteristika

Zkoumaná lokalita Na Pláních je součástí národní přírodní rezervace Karlštejn (NPR Karlštejn). Nachází se v její východní části v nadmořské výšce 350–380 m n. m. (obr. 2). NPR Karlštejn je maloplošné chráněné území ve smyslu zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Rezervace byla zřízena dne 26. dubna 1955 vyhláškou Ministerstva kultury pod číslem 24.029/55-IX. Celková rozloha rezervace je cca 1545 ha, z toho 1385 ha je součástí lesních pozemků. Cílem ochrany je ponechání části společenstev samovolnému vývoji a zachování a obnovení cenných ekosystémů vzniklých dlouhodobým hospodařením člověka (lesní porosty tvaru nízkého a středního lesa) tak, aby byl umožněn rozvoj světlomilných druhů organismů. Podle Plánu péče o NPR Karlštejn na období 2017–2025 (Anonymus 2017) lze cíle ochrany NPR formulovat v těchto bodech:

- *Zachování a obnova přírodě blízkých lesních společenstev dubohabřin, doubrav a bučin s udržení podílu prosvětlených porostů,*

- zachování a obnova (rozšíření) rozvolněných porostů šipákových doubrav s enklávami suchých trávníků,
- trvalé udržení a rozšíření lokalit travinného a skalního bezlesí s výskytem teplomilných druhů rostlin a živočichů,
- vytvoření a udržení vhodných podmínek pro dlouhodobou stabilizaci lokalit včelníku rakouského a pro populace bezobratlých živočichů vázaných na raně sukcesní plochy a pro populace reliktních druhů původních lesů,
- zachování nenarušeného stavu podzemních i povrchových krasových jevů,
- zachování nerušené existence přirozených skalních výchozů silurských a devonských vápenců a dalších hornin, zachování geologických profilů a paleontologických nalezišť.



Obr. 2: Lokalizace NPR Karlštejn a plochy s plánovaným experimentem. Zdroj: www.mapy.cz

NPR Karlštejn je z větší části pokryta dubohabřinami, které byly odpradáвна obhospodařovány jako pařeziny, díky kterým se zachovalo bohaté bylinné patro. Na hlubších

jílovitých střídavě zamokřených půdách se vyskytuje mochnová doubrava (asociace *Potentillo-Quercetum*) s dubem zimním a typickými druhy bylinného patra (mochna bílá, bukvice lékařská, srpice barvířská, svízel severní). Jižní a západní svahy pokrývá hrachorová doubrava (asociace *Lathyro versicoloris-Quercetum*) s dubem pýřitým a s dřínem obecným v keřovém patru. Bohatě je i bylinné patro zastoupené hrachorem chlumním, třemdavou bílou, jetelem alpským, chrpou chlunní a sasankou lesní. Na rozvolněných jižních svazích se vytvořily nelesní společenstva s kostřavou walliskou (svaz *Festucion valesiaca*) a s řadou vzácných druhů kavylů, bělozářek, včelníkem rakouským, rudohlávkem jehlancovitým a dalšími. Na severních svazích a skalách roklí zase společenstva s pěchavou vápnomilnou (svaz *Seslerion*). V těchto polohách se vyskytují i suťové lesy s lípou a javorem (svaz *Tilio-Acerion*). V nejnižších polohách NPR se na stinných svazích nachází okroticové bučiny (podsvaz *Cephalanthero-Fagenion*) a podél potoků střeňchové jaseniny (asociace *Pruno-Fraxinetum*) (Anonymus 2017).

V NPR Karlštejn můžeme najít řadu ohrožených druhů rostlin a živočichů vázaných na lesní i nelesní biotopy. Mezi ohrožené rostliny patří zástupce skalních stepí včelník rakouský (*Dracocephalum austriacum*) a zástupce světlých dubohabrových lesů zvonovec liliolistý (*Adenophora liliifolia*), kteří je zařazeni jako kriticky ohrožení ve smyslu vyhlášky MŽP ČR č. 395/1992 Sb. a i v Červeném seznamu cévnatých rostlin ČR (Grulich 2012). Z živočišné říše je evropsky významný druh motýla přástevník kostivalový (*Euplagia quadripunctaria*), zástupce řádu brouků roháč obecný (*Lucanus cervus*) a zástupci savců netopýr černý (*Barbastella barbastellus*) a netopýr velký (*Myotis myotis*).

Území NPR Karlštejn bylo spolu s NPR Koda zařazeno jako evropsky významná lokalita EVL Karlštejn-Koda do soustavy Natura 2000, a to díky pěti prioritním typům stanovišť (40A0 Kontinentální opadavé křoviny, 7220 Prameniště s tvorbou pěnoveců – svaz *Cratoneurion*, 9180 Lesy svazu *Tilio-Acerion* na svazích, sutích a v roklích, 91H0 Panonské šipákové doubravy, 91I0 Eurosibiřské stepní doubravy) a výše zmíněným evropsky významným druhům rostlin a živočichů (vyhl. MŽP ČR č. 166/2005 Sb.).

2.2.2 Lesní vegetace NPR Karlštejn

Popis vegetačních jednotek a nomenklatura syntaxonů je následovně zpracována podle Chytrého (2013).

Nejrozšířenější lesní vegetací je hercynská mezická dubohabřina (asociace *Galio sylvatici-Carpinetum betuli*) svazu *Carpinion betuli*. Jedná se o dubohabřiny s dominantním dubem zimním (*Quercus petraea*) a habrem obecným (*Carpinus betulus*), s častou příměsí lípy srdčité (*Tilia cordata*) a místy i buku lesního (*Fagus sylvatica*). V prosvětlených porostech se bohatě rozvíjí keřové patro se zmlazujícími se dřevinami stromového patra a z dalších hlavně *Acer campestre*, *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*, *Crataegus* sp. a *Lonicera xylostemum*. Charakter bylinného patra určují hájové druhy jako *Campanula rapunculoides*, *Campanula persicifolia*, *Hepatica nobilis*, *Carex digitata*, *Galium odoratum*, *Galium sylvaticum*, *Lathyrus vernus*, v prosvětlených porostech *Poa nemoralis*, na kyselých půdách *Festuca ovina*, *Luzula luzuloides*, *Melampyrum pratense*, na suchých a teplých stanovištích *Melittis melissophyllum*, *Lathyrus niger*, *Primula veris* a *Tanacetum corymbosum*. Syntaxon se vyskytuje v teplých a suchých nížinách a pahorkatinách, v nadmořských výškách do 450 m na rovinách i svazích. Tyto dubohabřiny dnes převážně zahrnují nepravé kmenoviny vzniklé z bývalých nízkých nebo středních lesů.

Dalšími typy lesní vegetace jsou asociace *Lathyro collini-Quercetum pubescentis* a *Euphorbio-Quercetum* svazu *Quercion pubescenti-petraeae*. *Lathyro-Quercetum* je azonální společenstvo extrémně teplých a suchých stanovišť na pomezí lesa a bezlesí na bazických substrátech. Tyto teplomilné doubravy mají obvykle charakter řídkého lesa s výškou stromů do 10 m. Dominantou stromového patra bývá dub šípák (*Quercus pubescens*) nebo dub zimní (*Q. petraea*) s příměsí světlomilných a suchomilných dřevin *Pinus sylvestris*, *Sorbus aria*, *S. torminalis* i mezofilních dřevin zejména *Acer campestre*, *Carpinus betulus* a *Fraxinus excelsior*. Pokryvnost keřového patra (*Cornus mas*, *Cornus sanguinea*, *Cotoneaster integerrimus*, *Ligustrum vulgare*, *Rhamnus cathartica* a *Rosa canina* agg.) většinou nepřesahuje 20 %, což umožňuje rozvoj světlomilných druhů v podrostu. Dominantou v bylinném patře pak bývá ostřice nízká (*Carex humilis*) a válečka prapořitá (*Brachypodium pinnatum*), významné zastoupení mají teplomilné byliny suchých trávníků a lesních lemů (jako *Anthericum ramosum*, *Dictamnus albus*, *Euphorbia*

cyparissias, *Galium glaucum*, *Polygonatum odoratum*, *Stachys recta*, *Tanacetum corymbosum*, *Teucrium chamaedrys* a *Viola hirta*). Jde o jedno z našich druhově nejbohatších lesních společenstev, v němž se obvykle vyskytuje 35–60 druhů cévnatých rostlin. Asociace *Euphorbio-Quercetum* osidluje přechodné polohy mezi velmi teplými a suchými stanovišti dubových řídkých lesů a mezickými stinnými dubohabřinami. S dominantním dubem šipákem nebo dubem zimním jsou v příměsi více zastoupené mezofilní dřeviny (zejména *Acer campestre*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior*, *Sorbus torminalis* a *Tilia cordata*). Stromy mohou být zakrslé i dosti statného vzrůstu. V bylinném patře se nachází jak druhy rozvolněných teplomilných doubrav a suchých lesních lemů (*Brachypodium pinnatum*, *Buglossoides purpureocaerulea*, *Dictamnus albus*, *Geranium sanguineum*, *Polygonatum odoratum*, *Tanacetum corymbosum*, *Vincetoxicum hircynicum*), tak i mezofilní lesní druhy (např. *Convallaria majalis*, *Hepatica nobilis*, *Lathyrus niger*, *Lathyrus vernus*, *Melica nutans*, *Poa nemoralis*, *Stellaria holostea* a *Viola mirabilis*). Typickou součástí podrostu jsou nitrofilní druhy jako *Galium aparine*, *Campanula rapunculoides*, *Geum urbanum*. Tento typ společenstva většinou představuje sukcesní stádium bývalých pastevních lesů a pařezin.

Svaz acidofilních teplomilných doubrav *Quercion petraeae* je zastoupen asociacemi *Sorbo torminalis-Quercetum* a *Melico pictae-Quercetum roboris*. Tato asociace (dříve řazená k as. *Potentillo albae-Quercetum* Libbert 1933) se vyskytuje na hlubokých půdách a zahrnuje světlé a většinou vysokokmenné porosty s dominantním dubem zimním nebo letním (*Quercus petraea*, *Q. robur*), někdy s příměsí mezofilních dřevin (*Acer campestre*, *Carpinus betulus*, *Tilia cordata*). Slabě vyvinuté keřové patro je zastoupeno druhy *Frangula alnus*, *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*, *Crataegus* sp., *Ligustrum vulgare*. V bylinném patře převažují mírně suchomilné až mezofilní světlomilné druhy (*Carex montana*, *Poa nemoralis*, *Convallaria majalis*) s charakteristickými druhy bezkolencových luk jako *Betonica officinalis*, *Galium boreale*, *Molinia arundinacea*, *Potentilla alba*, *Serratula tinctoria*. Vyskytují se i světlomilné druhy (např. *Festuca heterophylla*, *Fragaria moschata*, *Hierochloë australis*, *Lathyrus niger*, *Melittis melissophyllum*, *Primula veris*, *Anemone nemorosa*, *Galium sylvaticum*, *Anthericum ramosum*, *Tanacetum corymbosum*, *Polygonatum odoratum*). Druhově podobné společenstvo *Sorbo torminalis-Quercetum* se vyskytuje na kyselých mělkých půdách výslunných svahů. Dominantou bylinného patra jsou

acidofyty jako *Poa nemoralis*, *Calamagrostis arundinacea*, *Festuca ovina*, *Luzula luzuloides*, *Vincetoxicum hirundinaria*.

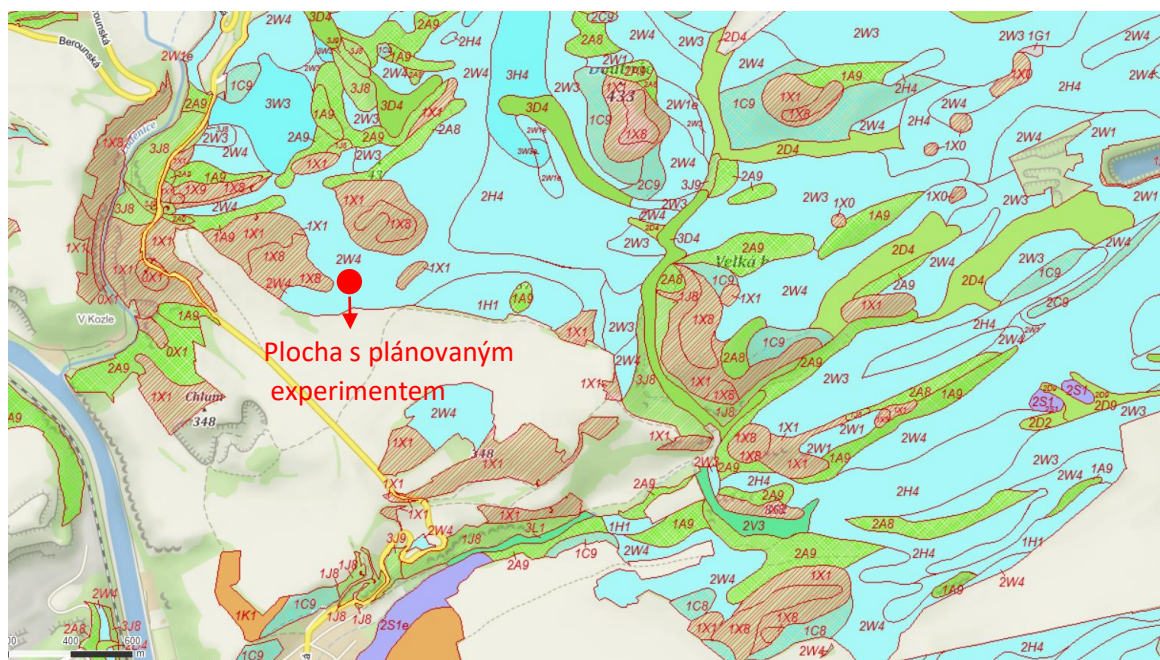
Suťové lesy svazu *Tilio platyphyllo-Acerion* (asociace *Aceri-Tilietum*) se v území vyskytují na příkrých suťových nebo hlinitých svazích a skalních výchozech v údolích vodních toků. Dominantními stromy jsou javor mlč a klen (*Acer platanoides* a *A. pseudoplatanus*), habr obecný (*Carpinus betulus*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*), vzácněji lípa velkolistá (*T. platyphyllos*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), jilm drsný (*Ulmus glabra*). Bohatě je rozvinuto keřové patro s *Corylus avellana*, *Lonicera xylosteum*, *Ribes uva-crispa* a *Cornus sanguinea*. V podrostu se vyskytují obecně rozšířené nitrofilní a mezotrofní druhy středoevropských lesů (*Galeobdolon luteum*, *Galium odoratum*, *Impatiens noli-tangere*, *Mercurialis perennis* a *Oxalis acetosella*) a hojně i kaprad'orostry *Athyrium filix-femina* a *Dryopteris filix-mas*.

V nejnižších polohách území se pomístně vyskytuje společenstvo vápnomilných bučin *Cephalanthero damasonii-Fagetum sylvaticae*. Jde o lesy s dominantním bukem lesním (*Fagus sylvatica*) s příměsí jeřábu břeku (*Sorbus torminalis*), dubu zimního (*Quercus petraea*) a habru obecného (*Carpinus betulus*). Keřové patro je bohaté se světlomilnými druhy např. *Berberis vulgaris* a *Sorbus aria*. Bylinné patro je zastoupeno mezofilními druhy středoevropské lesní květeny (*Dentaria enneaphyllos*, *Galeobdolon luteum*, *Mercurialis perennis*), světlomilnými a teplomilnými lesními nebo lemovými druhy (*Hylotelephium maximum*, *Melittis melissophyllum*, *Polygonatum odoratum*, *Primula veris* a *Vincetoxicum hirundinaria*) a často i orchidejemi (zejména *Cephalanthera damasonium*, *Cephalanthera rubra* a *Epipactis helleborine* agg.). Na skalních stanovištích byly v minulosti některé porosty využívány jako pařeziny.

2.2.3 Lesnická typologie

NPR Karlštejn spadá ve smyslu vyhlášky 298/2018 Sb. do přírodní lesní oblasti (PLO) 8 – Křivoklátsko a Český Kras, podoblasti 8b – Český Kras. Pro toto území byly zpracovány dvě typologické mapy. Jedna typologická mapa je součástí schváleného OPRL pro PLO 8 s platností v období 2000–2019, druhou mapu zpracoval v roce 2000 pro potřeby Správy

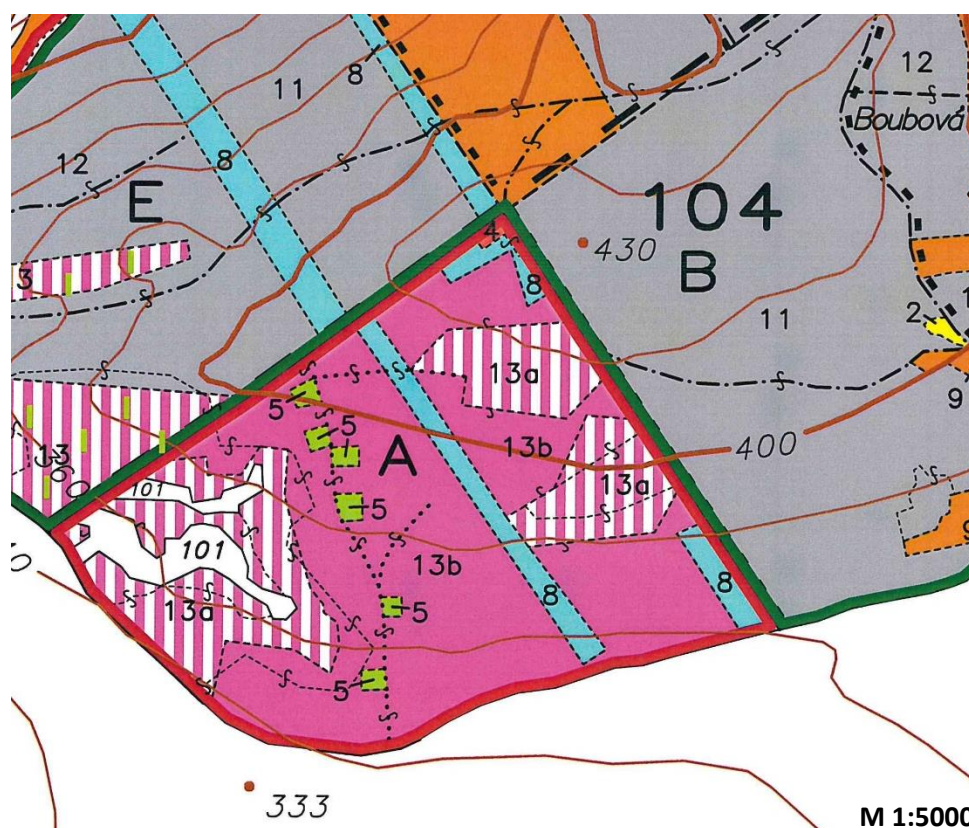
CHKO Český kras Ing. Podhorník. Na základě Podhorníkovy typologické mapy, která zpřesnila a zjemnila stávající mapový podklad v OPRL, byl zpracován plán péče o národní přírodní rezervaci. Oproti typologickému vymezení v OPRL přiznává Podhorník na severních expozicích existenci třetího lesního vegetačního stupně a tím předpokládá vyšší přirozené zastoupení buku na celkových 17 % (Anonymus 2017). Tento stupeň je mapován pouze na cca 11 % území, zbylá část NPR Karlštejn se nachází v prvním a druhém vegetačním stupni. Podle obou typologických mapování je nejvíce zastoupená vápencová (W) edafická kategorie živné ekologické řady. Z živné ekologické řady se dále vyskytuje vysýchavá (C), hlinitá (H) a bohatá (B) i svěží (S). Z ekologické řady humusem obohacené jsou zastoupeny všechny edafické kategorie – obohacená skeletová (J), obohacená (D) i obohacená kamenitá (A) - mapované na příkrých kamenitých svazích. Poměrně častá je mapována i extrémní ekologická řada – kategorie bazická zakrslá (X). Z kyselé řady se ojediněle vyskytuje kategorie kyselá (K). Z hlediska produkce lze za nejproduktivnější označit soubory lesních typů (SLT) vápencové dubové bučiny (3W), hlinité bukové doubravy a dubové bučiny (2H a 3H) a obohacené bukové doubravy a dubové bučiny (2D a 3D) (Anonymus 2017). Studovaná lokalita Na Pláních spadá do druhého a částečně do prvního vegetačního stupně. Převládá na ní SLT vápencová habrová doubrava (2W), z jižní a severní části pak zasahuje SLT dřínová doubrava (1X) (obr. 3).



Obr. 3: Typologická mapa NPR Karlštejn s vyznačenou plochou s plánovaným experimentem. Zdroj: <http://geoportal.uhul.cz>.

Dřínové doubravy zahrnují společenstva teplomilných lesostepních doubrav převážně zakrslého růstu vyskytující se na extrémně suchých stanovištích bazického podkladu. Funkce lesa je převážně půdoochranná (Průša 2001). Stromové patro tvoří rozvolněný porost nízkých stromových jedinců dubu zimního a dubu šípáku s příměsí jeřábu břeku, jeřábu muku, hrušně, javoru babyky. Keřové patro je zastoupeno dřínem obecným, hlohy, dříšťálem obecným, trnkou, pro bylinné patro je charakteristický výskyt třemdavy bílé, černýše hřebenitého, válečky prapořité, kostřavy žlábkovité a dalšími. Vápencové habrové doubravy (2W) se vyskytují na vápencových podkladech v horních částech slunných a suchých svahů. Přirozená dřevinná skladba je s dubem zimním, habrem, lípou malolistou, jeřábem břekem a javorem mlčcem. Oproti extrémní kategorii X jsou charakteristické vyvinuté půdy typu rendzinových kambizemí (Anonymus 2000).

Téměř 130leté lesní porosty zkoumané lokality Na Pláních jsou ve vlastnictví podniku Lesy ČR pod správou lesní správy Křivoklát. Jsou součástí lesního hospodářského celku Nižbor a zahrnují části porostů 104A13a, 104A13b a 104A8 (obr. 4).



Obr. 4: Výřez z porostní mapy LHC Nižbor. Zdroj: Lesní správa Křivoklát.

2.3 Historie lesů na panství Karlštejn

Podrobný souhrn informací o vývoji vlastnických poměrů a stavu lesů od vlády Karla IV. až do poloviny 20. století podávají v odborném článku Novák a Tlapák (1974). Nejstarší záznamy o hospodaření v lesích a jejich stavu pochází z I. poloviny 15. století. Jedná se vesměs o účetní rejstříky vykazující příjmy za prodané dříví. O celkovém stavu lesů lze jen dovozovat z velkého rozpětí cen za jednotlivé prodávané díly. Lesy byly asi různověké, z rozličného dříví, ze značné části charakteru lesa nízkého. Další informace pocházejí až z konce 20. let 18. století. Z karlštejnských lesních účtů lze vysledovat, že hlavní prodejní dřevinou byl dub a borovice, jinak se vyskytují buky, habry, osiky a lípa. První zmapování a vyměření karlštejnských lesů bylo provedeno v rámci Raabovy akce v roce 1781. Lesy byly popsány podle dřevin a podle věku. V roce 1802 byly lesy popisovány jako vesměs listnaté lesy s duby, habry a buky, jedlí, borovicí, modřínem a břízou, vesměs obhospodařované jako pařeziny. Velká část stavebního dříví byla díky předchozím propachtěním panství vytěžena, vytěžené paseky nebyly hájeny a byly využívány jako pastviny pro dobytek. Vrchnostenské lesy byly rozděleny na 800 ročních pasek. Roční těžba se na těchto pasekách vykazovala vyznačením stavebního dřeva pro vrchnost, semenných stromů (výstavků) za účelem osemnění paseky a stavebně nezpůsobilého dřeva. Paseky se po těžbě osívaly modřínovým a borovým semenem (Novák & Tlapák 1974). Schmidtův lesní hospodářský plán z roku 1806 popisuje špatný stav tehdejších lesů, zavádí 40–50 leté obmýty pro pařeziny, které však bylo již v roce 1835 sníženo Antonínem Schreinbergerem na 15 - 30 let. 15leté obmýty se ukázalo na zdejší poměry jako málo vhodné (díky sterilním a špatně zakmeněným tratím) a v novém hospodářském plánu z roku 1846 bylo zavedeno jednotné 30leté obmýty. S vybudováním železniční trati Beroun-Rakovník v roce 1876 se začalo dovážet uhlí ze vzdálenějších uhelných dolů, poklesla poptávka po palivovém dříví a pařeziny, ve kterých se nedalo vypěstovat jiné kvalitní dřevo, se začaly postupně převádět na lesy střední a později vysokokmenné. Tento způsob obhospodařování lesů Karlštejnského panství je obsažen v Obstově lesním hospodářském plánu z r. 1864. Pojednává o hospodaření v lesích v minulých desetiletích, jejich stavu, předepsaném způsobu hospodaření a vlastním hospodářským plánu. Lesy trpěly nadměrnou těžbou a nedostatečným vylepšováním porostu v pařezinách, v kterých vznikaly mezery způsobené slabou výmladností. V roce 1855 byly založeny první lesní školky. Výměra lesa na panství byla v té době 1540 ha a byla rozdělena do tří revírů (Novák & Tlapák 1974). Studovaná

lokalita na Boubové se nachází podle Obstova plánu v tehdejší Zámeckém revíru v oddělení VII - lokalita Doutnáč, Na Pláních. Celková rozloha oddělení byla cca 98 ha s průměrným věkem 15 let s průměrnou hustotou výstavků 2,5 ks/ha. Jednalo se převážně o pařeziny s převahou dubu, buku, habru a břízy s menším podílem borovice, osiky, modřínu a lípy s předepsaným třicetiletým obmýtím. V každém ze tří revírů Obstova plánu byla již patrná první opatření k postupnému převádění pařezin na les střední a vysoký. Z celkové plochy lesních porostů bylo vybráno 1,2 % vhodných lokalit, kde se při těžbě ponechávaly výstavky, které se předržely. Paseky byly následně osazovány obilím a po dvou až třech letech byly mezi obilí vysazeny sazenice modřínu. Po několika letech byla celá paseka doplněna dubem, popřípadě jehličnany (Dörner & Müllerová 2014). Převod pařezin na les vysokokmenný pokračoval i v dalším lesním zařízení z roku 1892, ve kterém byl les rozdělen do čtyř hospodářských skupin – les chráněný (8 %), les vysokokmenný s 80letým obmýtím, který vznikl zalesněním holin po výmladkových lesích, a to jehličnatými dřevinami (17 %), nízký les s 30 - 35letým obmýtím (46 %) a les výmladkový v převodu s 25letou převodní dobou (30 %) (Dörner & Müllerová 2014). Po I. světové válce v roce 1922 bylo zastoupení vysokokmenného lesa s 80letou dobou obmýti již 40 %. Rovněž se postupně měnilo i druhové zastoupení dřevin. V 18. a 19. století byly lesy vesměs listnaté s převahou dubů, habrů a buků, v první polovině dvacátého století je vlivem zalesňování holin po výmladkových lesích patrný nástup smrku, který se stal po dubu nejpočetnější dřevinou, a to na úkor buku.

Po II. světové válce a s nástupem komunismu došlo k masivním převodům pařezin na les vysoký. V roce 1967 byly již lesy celého dřívějšího panství vedeny jako les vysoký, případně v převodu (Dörner & Müllerová 2014).

Významná část lesů je dnes součástí chráněných území a je ve smyslu lesního zákona (č. 289/1995 Sb.) zařazena v kategorii lesů zvláštního určení. Ochrannářské snahy v posledních letech v těchto lesích usilují o znovuoobnovení výmladkové formy hospodaření.

2.4 Problematika nízkého a středního lesa

Na základě výsledku hospodaření, zejména způsobu vzniku lesních porostů, se rozlišují ve smyslu vyhlášky MZe č. 298/2018 Sb., tvary lesa:

- vysoký (vysokokmenný), vzniklý ze semen nebo sazenic
- nízký (pařezina), vzniklý výmladností
- střední (sdružený), vzniklý jako kombinace výmladkové složky a jedinců semenného původu

Nízký les (Niederwald, coppice, taillis, bosque aclarado, les nízkostvolný)

Polanský (1956) ho nazývá také les nízkokmenný. Je to hospodářský tvar lesa založený na vegetativní obnově výmladky, tedy na schopnosti dřevin se vegetativně rozmnožovat. Je několik způsobů vegetativního rozmnožování. Podle nich potom rozlišujeme obnovu lesa pařezovou výmladností, kořenovou výmladností a pomocí hříženců. Pro přirozenou obnovu lesa má praktický význam pouze výmladnost pařezová. Odtud také pochází název pařeziny. V praxi se potom pojmy les nízký, les výmladkový a pařezina významově slučují (Kadavý et al. 2011). Po vykácení stromu na pařezu vyrostou ze spících pupenů nové výhony, které tvoří základ budoucích mytních stromů. Každá dřevina má různou schopnost a sílu tvořit pařezové výmladky. Tato schopnost je závislá od druhu dřeviny, bonity půdy, expozici, vlhkosti vzduchu i půdy, výšce pařezu, oslunění (Polanský 1956). Z domácích dřevin má silnou výmladnost lípa, dub, olše, jasan, jilm a javor. Na bohatých půdách se zmenšuje výmladnost dubu v 50–60 roce, na málo živných půdách si udržuje až 150 let (Polanský 1956). Toto potvrzuje i Vyskot (1958), který udává, že duby starší 50 let vymlazují méně, výmladky se objevují jen u přibližně 80 % pařezů. Stromy vzniklé výmladkovou obnovou rostou v prvních letech až desetiletích daleko rychleji než stromy vzniklé semennou přirozenou obnovou. Je to dáno tím, že výmladky jsou napojeny na kořenový systém původního stromu a mají tak k růstu větší množství živin než nové semenáčky. Podle Vyskota (1958) jsou v 10 letech výmladkové duby proti semenným dubům vyšší o 2,6 m a tlustší o 2,6 cm. Tloušťkový i výškový přírůst výmladkových dřevin kulminuje podle úrodnosti stanoviště o 20–30 let dříve než v semenném lese (Kadavý et al. 2011). Po určité době dochází ke snížení rychlosti růstu výmladkových dřevin. Rovněž má dřevo výrazně horší technické vlastnosti než dřevo generativního původu (Polanský 1956). Polanský uvádí, že hlavními příčinami jsou zejména:

- bujný růst výmladků v mládí a značná vzdálenost jednotlivých pařezů způsobuje silné zavětvení výmladků, jejichž větve pak pozdě zasychají a sukatost kmenů je značná.
- zakřivení kmene ve spodní části u pařezu
- rychlé oslabování počátečního bujného růstu výmladků způsobuje nestejnorodost stavby i vlastností dřeva.
- častá hniloba kmene ve spodní části při styku s pařezem.

S ohledem na tyto vlastnosti bývá výmladkový les kácen v poměrně nízkém věku s obmýtím do 30–40 let, podle hospodářského odbytu. Další nevýhodou je, že krátké obmýtí pařezin neumožňuje produkci silnějších a cennějších sortimentů (Jurča 1988). Celková produkce dobře pěstovaného nízkého lesa se však vyrovná produkci semenného lesa, hodnotový přírůst je ale podstatně nižší (Kadavý et al. 2011). Při obnově nízkého lesa je důležité zabezpečit i určitý podíl jedinců generativního původu, aby se skladba porostu renovovala. Ke zvýšení výnosnosti lesa přispívá i ponechání výstavků v takovém množství, aby pařezina netrpěla zastíněním a kořenovou konkurencí (Vyskot 1958).

Nejvhodnější dobou pro obnovu lesa je jaro, kdy výmladky mohou do zimy zdřevnatět a netrpí mrazy. Těžba se provádí nízko u země, aby výmladky mohly samostatně zakořenit (Kadavý et al. 2011). Na vyšších pařezech trpí vylamováním a postupující hnilobou. Také zakřivení spodní části kmenů je vyšší (Polanský 1956). Plocha řezu musí být šikmá a hladká tak, aby na pařezu nezůstávala voda a nedocházelo k časným hnilobám pařezu. Důležité je i navazující vyklizování sortimentů z důvodu velmi rychlého vzejití výmladků. Předností nízkého lesa je jeho poměrně nenákladná obnova, kterou lze využít i v nepříznivých stanovištích a terénech a v jeho rychlém přírůstu v prvních letech a méně pracných výchovných metodách (Jurča 1988).

Podle využití dřeva nízkého lesa se výmladkové lesy rozdělují na lesy tříslové (těžba třísloviny), energetické (palivové), užitkové (např. těžba kůlů do vinic) a prutníky (pruty k výrobě košů, proutěných výrobků) (Polanský 1956).

Při převodu lesa nízkého jejich předržením přes normální obmýtí vznikl hospodářský tvar lesa nazývaný jako nepravá kmenovina (Polanský 1956). Takto vznikl a lze i označovat porost zkoumané lokality Na Pláních.

Střední les (Mittelwald, taillis sous futaie, coppice with standards, bosque agrupado, les srednyj)

Tento tvar lesa vznikl z tvaru lesa nízkého, a to z důvodu zvyšující se poptávky po silnějších sortimentech. Střední les nebo také les sdružený je etážový hospodářský tvar lesa, přičemž spodní etáž je tvořena lesem výmladkovým, horní etáž výstavky semenného původu, které jsou postupně doplňovány stromy ze spodní etáže. Pro střední les je charakteristické vypěstování výstavků nad spodní etáží za dvě a více dob obmýtních. Spodní etáž poskytuje palivové dříví, tvoří výrazný protierozní prvek a pomáhá při výchově dřevin horní etáže k jejich štíhlému tvaru, horní etáž pak poskytuje užitkové dříví (Polanský 1956). Důležité je stanovit počet výstavků tak, aby spodní etáž mohla ještě dobře prosperovat. Plocha zastíněná výstavky nemá být větší než 30 % a menší než 10 % z celkové plochy (Vyskot 1958). Nejčastěji se tak pohybuje celkové množství výstavků kolem 150 na hektar. Pro spodní etáž většina autorů (Polanský 1956, Kadavý et al. 2011) doporučuje využít dřeviny s bohatou výmladností, kterou si ponechají i při zastínění. Navrhují např. habr, lípu, javor, jilm, jeřáb břek, kaštanovník setý a další. Pro horní výstavkovou etáž jsou vhodnější slunné, hospodářsky významné dřeviny, které poskytují cenné užitkové dříví, jsou odolné vůči větru a méně stínivé. V nížinách se využívá z listnatých dřevin dub, jasan, javor, topol, z jehličnatých borovice a modřín. V pahorkatinách pak kromě modřínu a borovice ještě habr (Kadavý et al. 2011).

Oproti lesu nízkému má les střední řadu výhod. Podle Polanského (1956) je to zejména snadné hospodaření, větší produkce hmoty, produkce cennějších užitkových sortimentů, zabezpečuje lepší ochranu půdy a zachovává stanovištní formy dřevin. Při srovnání s lesem vysokým však zmiňuje řadu nevýhod, a to velký podíl palivového dříví, poměrně velké množství klestu, horší kvalita kmenů výstavků, náhlé periodické uvolňování způsobuje tvorbu různě širokých letokruhů, omezená volba dřevin vhodných pro pěstování středního lesa.

Obnova a výchova středního lesa je složitější než v lese nízkém. Při zakládání porostů se doporučuje vyšší podíl jedinců generativního původu, kteří by se neměli vysazovat v blízkosti pařezů stejného druhu (Kadavý et al. 2011). Při výchově jsou vybíráni jedinci semenného původu, kteří budou postupně nahrazovat těžené výstavky. Obnova lesa zahrnuje tři fáze. Během první fáze se provádí těžba ve spodní etáži, kde se ponechají budoucí

výstavky. Při každém zmýcení spodní etáže se ponechá určitý počet generativních stromů. Po vyklizení těžného dříví spodního podrostu se nejlépe v zimním období provede zdravotní a jakostní výběr ve všech výstavkových třídách. Na 1 ha se doporučuje ponechat 50 až 100 nových výstavků, kteří se zřetelně označí (nejlépe barevným pruhem) (Kadavý et al. 2011). Ostatní podrost je vykácen a obnovován stejně jako les nízký. Obmýtlí výstavků je totožné s obmýtlím spodního porostu, protože je jeho násobkem. Jako nejvhodnější obmýtlí spodního patra Polanský (1956) doporučuje 30 až 40 let. Po vykácení podrostu se provede těžba výstavků podle jejich technické zralosti, při těžbě je důležité zachovat správný poměr výstavkových tříd (Kadavý et al. 2011).

2.5 Význam lesa nízkého a středního pro biodiverzitu

Způsob obhospodařování lesa ovlivňuje stav společenstev a jeho biodiverzitu. Hospodaření ve tvaru lesa nízkého nebo středního formovalo lesní společenstva po jejich druhové stránce. Tento způsob hospodaření umožňoval zachování cenných rostlinných i živočišných druhů, vázaných na světlé a teplé stanoviště. Nízké obmýtlí porostů, při nichž docházelo k prosvětlování stanovišť, umožnilo migraci a přežívání světlomilných druhů (Anonymus 2017). Přeřhod na vysokokmenný tvar lesa znamenal nástup plně zapojených porostů a zvětšování zástinu stanovišť. Došlo ke změnám mikroklimatu a tím spojeným změnám ve složení bylinného patra s posunem ke stinným lesním druhům. Kadavý et al. (2011) shrnuje reakci rostlinných společenstev na výmladkové hospodaření. Během hospodářského cyklu výmladkového lesa dochází v lesích ke změně podmínek prostředí a tím ke změně výskytu a početnosti jednotlivých rostlinných druhů. V prvních dvou letech po těžbě, kdy je holina výrazně osvětlená, dochází ke zvýšení pokrývnosti bylinného patra. V dalších letech se porost začíná zatahovat hustým keřovým patrem a výmladky dřevin, pokrývnost bylinného patra klesá, světlomilné druhy ustupují. Cyklus je obdobný i u lesa vysokého s tím rozdílem, že u pěstování nízkého lesa dochází k rychlejšímu korunovému zápoji dřevin. Specifičnost podmínek výmladkových lesů oproti lesům vysokým, která zapřičiňuje přežití některých druhů, tkví v délce obmýtlí. U nízkých lesů se vracíme do porostu podle délky obmýtlí každých asi 30–40 let a holina je po dobu cca pěti let prosvětlená pod intenzivním vlivem slunečního záření. U lesa vysokého, kde obmýtlí může být 80 ale i 160 let, je celková rozpracovanost porostů a tím i přístup světla a tepla do lesa mnohem nižší (Kadavý et al.

2011). Druhovou rozmanitost tedy zásadně ovlivňuje množství dosažitelného světla a tím i tepla. Dalším omezujícím faktorem je úbytek rozmanitosti a početnosti semenné banky v souvislosti s časem od posledního zásahu. Delší hospodářských cyklus lesa zapříčiňuje ochuzení semenné banky a obnova rostlinné světlomilné vegetace po těžbě je závislá na přísunu semen z vnějších zdrojů (Calster et al. 2008). Změnou managementu ve výmladkových lesích dochází i ke snížení druhové rozmanitosti živočichů, zejména pak brouků (páchník hnědý, tesařík obrovský) a motýlů (okáč jílkový, jasoň dymnivkový, hnědásek osikový), ale i řady ptáků (např. dudek chocholatý, jeřábek lesní, tetřívka obecná, lelek lesní) a savců (plch zahradní). U výmladkových lesů je tedy zásadní nízké obmýtí, kdy se poměrně rychle střídají fáze slunné a fáze stinné. U světlomilných rostlinných druhů tak díky semenné bance a vegetativním rozmnožovacím orgánům nemůže dojít k jejich trvalému vymizení, populace hmyzu a dalších živočichů zase mohou migrovat mezi enklávami s příhodnými podmínkami (Hédl 2007).

Jak ukázaly některé studie (Vild et al. 2015; Douša et al. 2016), druhovou diverzitu a celkové složení druhů ovlivňuje i hrabání steliva v lese, přičemž podzimní hrabání diverzitu zvyšuje více než jarní. Absence pravidelného odstraňování steliva vedoucí k hromadění biomasy může být příčinou poklesu druhové bohatosti. Organický materiál vytvořený v lesním ekosystému, který byl dříve odstraňován při tradičním hospodaření (pařezním, hrabáním steliva, pasením), je důležitý zdroj obohacení ekosystému dusíkem (Hofmeister et al. 2004). Akumulace živin, ke které dochází právě v souvislosti s ukončením pařezení a převodem na les vysoký, má vliv na změnu vegetace (Hofmeister et al. 2002). V porostech ustupují na živiny nenáročné světlomilné druhy a šíří se stínomilné a nitrofilní druhy (Chytrý 2013). Primárními faktory, které omezují celkovou pokryvnost bylinného patra v lesních porostech Českého krasu, jsou vlhkost půdy a obsah dusičnanů. Přitom významnou roli při šíření nitrofilních rostlin hraje i obsah fosforu v půdě, a to díky jeho příznivým účinkům na mineralizaci půdního dusíku (Hofmeister et al. 2002). Největší druhová diverzita se potvrzuje na půdách s nejnižší koncentrací dusíku a současně s nejvyšším obsahem fosforu v humusu (Hofmeister et al. 2009). K výrazným změnám druhové bohatosti a zastoupení rostlin v bylinném patře přispívá i eutrofizace půd způsobená atmosférickou depozicí dusíku (Thimonier et al. 1992; Becker et al. 2016). Vlivem zvýšené eutrofizace došlo v posledních letech k rozšíření nitrofilních druhů rostlin (*Alliaria petiolata*, *Galium aparine*) do lesních ekosystémů a ke zvýšení jejich pokryvnosti v bylinném patře (Buriánek et al. 2013).

Buček (2010) označuje lesy výmladkového původu s typickými prvky starých pařezin za starobylé. Jsou cennými doklady původního genofondu listnatých dřevin z období před vznikem racionálního lesního hospodářství. V kulturní krajině nížin a teplých pahorkatin tvoří lokality starobylých výmladkových lesů významné prvky ekologické sítě a mají zásadní význam pro zachování biodiverzity a krajinného rázu (Buček 2010). Na vybraných lokalitách teplomilných doubrav je žádoucí zavedení hospodářského tvaru lesa středního tak, aby byla zajištěna přítomnost podílu silnějšího dřeva pro zvýšení biodiverzity (doupné stromy, dendrotelmy, specifická entomofauna aj.) (Anonymus 2017).

2.6 Problematika převodu pařezin

Nízké i střední lesy se na našem území začaly od 18. století z důvodu zvýšené poptávky po silnějších sortimentech a úbytku poptávky po palivovém dříví převádět na kmenoviny. Další vývoj pařezin určil lesní zákon č. 166/1960 Sb. Tento stanovil, že základním hospodářským tvarem lesa je les vysokokmenný, přičemž lesy sdružené a výmladkové je třeba postupně převádět na tvar lesa vysokokmenného. Porosty výmladkového původu tak byly převáděny na les vysoký formou obnovných holosečí, případně předržením na nepravou kmenovinu (Utinek 2004). Byly definovány tři základní typy převodu lesa nízkého na les vysoký, a to přímý (převod holosečí), nepřímý (převod předržením) a přetvářením (převod obnovou a výchovou) (Kadavý et al. 2011). Přímý převod se tedy provádí vytěžením nízkého lesa holosečně i s vykloučením pařezů a založením nového porostu sadbou nebo sítí. U nepřímého převodu se les nízký převáděl výchovou na nepravou kmenovinu, a to zvýšením jeho obmýtí. Další způsoby převodů jsou převody lesa vysokého na lesy výmladkové. Převod lesa vysokokmenného na les sdružený lze dosáhnout prosvětlením vysokého lesa a zavedením spodního výmladkového patra s krátkou dobou obmýtí, z něhož se postupně vybírají vhodné výstavky (Vyskot 1958). Převod lesa vysokokmenného na les nízký lze provést jeho smýcením a následnou obnovou výmladkovým hospodařením. Při převodu nepravých kmenovin na les střední existuje postup převodu přes tzv. nepravý les střední. Od lesa středního se nepravý les střední odlišuje především tím, že dřeviny mají přibližně stejný věk a výstavky jsou vesměs původu vegetativního. Jejich tloušťková a výšková struktura by měla být ale variabilní (Kadavý et al. 2011). Takto vzniklý les má ovšem malou výmladnost

pařezů z důvodu jejich stáří a je nutné ho doplňovat novými stromy semenného původu (Polanský 1956).

2.7 Obnova tvaru středního lesa v NPR Karlštejn

V důsledku nežádoucího zarůstání cenných lokalit křovinami dochází k ústupu ohrožených a chráněných druhů organismů. V NPR Karlštejn byly proto vybrány tři lokality, na nichž je navržena obnova výmladkového hospodaření. Nacházejí se na jižně orientovaných svazích v blízkosti lesostepních lokalit. Zkoumaná lokalita Na Pláních je součástí tohoto experimentu, který má ověřit, zda prosvětlením porostů dojde ke zvýšení druhové diverzity. Na lokalitách byl navržen speciální management s předpokládaným postupným převodem na les střední, se zachováním výstavek pokud možno generativního původu. Provedené zásahy se budou pravidelně vyhodnocovat, a to zejména s ohledem na růst ponechaných stromů, na pokryvnost a diverzitu bylinného a keřového patra a diverzitu hmyzu. Výsledkem by měla být obnova středního lesa se třemi etážemi s jedinci výmladkového i generativního původu, přičemž horní etáž by tvořily výstavky generativního původu v počtu 80–120 stromů na 1 ha (Buriánek & Liška 2009).

3 Metodika

Podstatou práce byla fytoocenologická analýza lesní vegetace subtermofilní habrové doubravy, pokrývající jižní svahy vrchu Boubová ležící severovýchodně od obce Srbsko na Karlštejnsku. Tento experiment je součástí dlouhodobého rozsáhlého výzkumu ekologie pařezin prováděný Katedrou ekologie lesa ČZU v Praze v CHKO Český Kras, a to v přírodní rezervaci Na Voskopě a v národní přírodní rezervaci Koda. V červenci 2019 byla pro další výzkum založena v NPR Karlštejn nová lokalita Na Pláních. Hlavním cílem bylo provést analýzu vegetace a zaznamenat tak výchozí stav pro další výzkum a provést srovnávací analýzu s uvedenými lokalitami v PR Na Voskopě a NPR Koda. Byla použita shodná metodika jako na obou lokalitách (Hroník 2014; Mejstřík 2018).

3.1 Popis celkového výzkumu

Lokalita Na Pláních byla v minulosti obhospodařována výmladkovým způsobem. Její současná podoba vznikla předržením lesa na běžné obmýtí a má tak charakter nepravé kmenoviny. Díky dřívějšímu intenzivnímu a dlouhodobému managementu, který zahrnoval obnovu porostů pařezovou výmladností, hrabání steliva i pastvu dobytka, se dochovala specifická struktura lesa s charakteristickým druhovým složením. Postupným převáděním lesa na běžné obmýtí došlo k zapojení porostů a ke změně lesní vegetace. Dnešní snahou je navázat na původní management, postupně vrátit porostu jeho původní charakter výmladkového lesa a přispět tak k udržení biologické hodnoty tohoto území. S ohledem na tyto ochranné postupy byly na lokalitě založeny zkusné plochy, na kterých bude dále probíhat dlouhodobý výzkum vlivu výmladkového hospodaření na jednotlivé složky živé přírody. Podobné plochy byly již založeny v roce 2013 v PR Na Voskopě (Hroník 2014) a v roce 2017 v NPR Koda (Mejstřík 2018).

Cílem této práce je zachytit výchozí stav před smýcením porostů. Obnova porostů bude probíhat postupně s postupnou přeměnou na hospodářský tvar lesa středního, který je z hlediska zvýšení biodiverzity vhodnější než les nízký. Po smýcení porostů bude následovat každoroční monitoring lesní vegetace, při kterém budou vyhodnocovány vlivy obnovy na biodiverzitu. Lokalita se nachází na jižně orientovaném svahu v blízkosti lesostepních ok. Další dva obdobně založené projekty byly navrženy na západně orientovaném svahu

s xerothermním charakterem (Na Voskopě) a na východně orientovaném svahu s mezofilnějším charakterem (Koda).

3.2 Terénní a laboratorní práce

3.2.1 Vymezení zkusných ploch

Na jaře 2019 byly pomocí laserového dálkoměru vyznačeny rohové stromy šesti zkusných pásů, které budou postupně v intervalu deseti let odtěženy. Pruhy mají šířku 25 m a délku od 100 do 120 m podle délky svahu. Hranice jednotlivých pruhů byly vyznačeny svislým pruhem na hraničních stromech po celé délce pruhu.

V každém pruhu bylo od 25. června do 6. července vymezeno pět kruhových ploch o poloměru 8,5 m (plošná výměra jedné plochy 227 m²; celkem 30 ploch). Velikost snímků byla zvolena podle již zmíněných ploch na lokalitách Na Voskopě a Koda. Na obou stranách experimentálního obdélníku po spádnici bylo vymezeno ještě deset doplňkových ploch (č.31–40) o stejné velikosti, na kterých nebude prováděna s které budou sloužit jako plochy kontrolní. V každé kruhové ploše bylo provedeno fytoecologické snímkování, tedy byl zaznamenán aktuální stav vegetace, obsahující seznam druhů rostlin v jednotlivých patrech a jejich pokryvnost (Braun-Blanquet 1964). V každém středu takto založených trvalých ploch byl zatlučen dřevěný kolík a na nejbližším stromě bylo značkovací barvou provedeno očíslování plochy. Následně byly středy ploch trvale označeny zatlučením ocelových geodetických bodů tak, aby bylo možné přesně ve výzkumu navázat v dalších letech (obr. 5).

Okraje zkusných kruhových ploch byly označeny značkovací barvou u paty nejbližších dvou stromů na spádnici a dvou na vrstevnici. Jednotlivé pásy byly očíslovány na stromech rostoucích ve spodní části plochy. Číslování zkusných kruhových ploch pak bylo provedeno vzestupně proti svahu podél vyměřených pásů (obr. 6).



Obr. 5: Trvalé označení zkusných ploch v terénu



Obr. 6: Schématická mapa jednotlivých ploch podle polohy ve svahu. Podkladová mapa: ČÚZK, www.cuzk.cz.

Trvalé plochy byly vybírány tak, aby byla dosažena homogenita terénního povrchu a vegetace.

3.2.2 Popis vegetace

V každé zkusné i kontrolní ploše byl proveden fytoocenologický snímek s vyhodnocením stromového, keřového a bylinného patra. Druhy byly determinovány pomocí publikací Kubát et al. (2002) a Rothmaler (2000). Následně byla odhadnuta jejich pokryvnost s použitím Braun-Blanquetovy modifikované devítičlenné stupnice abundance (Barkman et al. 1964; tab. 1). Na plochách bylo rozlišováno patro bylinné, juvenilní dřeviny, keřové a stromové patro. Rozlišení druhů do těchto pater bylo provedeno podle níže uvedeného členění.

E1 (bylinné patro) – je tvořeno semennými a vyššími výtrusnými bylinami a polokeřiky, jejichž výška dosahuje zpravidla 1 m, může však sahat i výše (např. *Calamagrostis arundinacea*) (Moravec et al. 1994).

Juvenilní dřeviny – stromy a keře, které dosahují výšky bylinného patra (Knollová & Michalcová 2011).

E2 (keřové patro) – je tvořeno dřevinami, jejichž výška se pohybuje od 1 do 3 m. Nezahrnuje pouze keře, ale i mladé exempláře stromů (Moravec et al. 1994).

E3 (stromové patro) – je tvořeno stromy dosahujícími výšky nejméně 3 m (Moravec et al. 1994).

Tab. 1: Braun-Blanquetova rozšířená stupnice abundance rostlin (Barkman et al. 1964).

r	ojetiněle (obvykle 1 rostlina), pokryvnost zanedbatelná
+	roztroušeně, pokryvnost zanedbatelná
1	roztroušeně až dosti hojně, pokryvnost 1-5 %
2m	hojně, pokryvnost přibližně 5 % (druhy, které se vyskytují s velkou četností ale malou pokryvností)
2a	pokryvnost 5-15 %
2b	pokryvnost 15-25 %
3	pokryvnost 25-50 %
4	pokryvnost 50-75 %
5	pokryvnost 75-100 %

3.2.3 Půdní vlastnosti, sklon a orientace

Na podzim 2019 byly odebrány půdní vzorky pro rozbor fyzikálních a chemických vlastností půdy ze všech zkusných i kontrolních ploch. Z každé plochy byl získán jeden směsný vzorek odebraný na 4 různých místech jednotlivé plochy z humusového horizontu. Vzorky byly poté sušeny na vzduchu v laboratoři, hrubé části byly rozdrceny. Nakonec byly vzorky přesety přes síto o velikosti ok 2 mm. Takto přesetá jemnozeme byla použita pro měření pH a stanovení obsahu prvků v půdě.

Měření půdní reakce neboli pH bylo provedeno pomocí pH metru zn. METTLER Toledo. Přístroj byl po spuštění zkalibrován pomocí kalibračních pufrů o známé hodnotě pH. Z jednotlivých půdních vzorků se postupně připravila půdní suspenze, a to smícháním 10 g jemnozeme a 25 ml destilované vody. Směs se nechala 30 minut usazovat, poté byl vzorek znovu promíchán a ponechán 1 minutu odstát. Do takto připraveného roztoku byla ponořena elektroda pH metru a změřená hodnota byla zaznamenána. Takto se postupovalo u všech 40 vzorků. Půdní reakce je dána přítomností a aktivitou iontů vodíku. Půdní reakce může být v rozmezí kyselé až zásadité (dosahuje hodnot od 0 do 14). Hodnota pH má významný vliv na příjem živin rostlinami. Podle hodnoty pH je tak možné odvodit, které živiny v půdě budou pro rostliny dostupné.

Ke stanovení prvků ve vzorku byl použit rentgenový analyzátor OLYMPUS Vanta, který byl propojený s počítačem. Po vložení vzorku do přístroje bylo spuštěno měření a výsledek se zobrazil v počítačovém programu EveryWan Remote Support Personal Edition, dodaného s analyzátozem. U každého vzorku byla provedena dvojice měření s tím, že po prvním měření byl vzorek vyměněn za nový ze stejné plochy. Z měření byla vypočítána následně průměrná hodnota. Data byla exportována do formátu programu Microsoft Excel. Rentgenový analyzátor stanovuje totální obsah přítomných prvků (hořčíku a všech těžších prvků) a uvádí je v hmotnostních procentech v jednotkách *ppm* (pars per million), znamenající 10^{-4} % či hmotnost složky v mg na 1 kg soustavy.

Na všech plochách byla na jaře 2020 změřena hloubka půdy. Měření bylo prováděno ocelovým drátem tloušťky 6 mm a délky 1 m. V každé ploše bylo provedeno 16 vpichů v pravidelném designu, ze kterých byla vypočítána průměrná hloubky půdy na ploše.

Dále byly na plochách odebrány dva Kopeckého válečky o objemu 100 cm^3 . Tyto byly po odebrání zváženy pro zjištění momentální vlhkosti. Následně byly umístěny na trvale mokré

filtrační papír, 2 dny se nechaly nasáknout a byly opět zváženy. Poté byly válečky dány do sušičky, kde se při teplotě 105 °C sušily až do konstantní hmotnosti a opět byly zváženy. Hmotnost samotných válečků byla nakonec odečtena. Schopnost půdy zadržovat vodu (WHC) byla vypočtena dle vzorce:

$$\text{WHC} = (\text{hmotnost nasáknuté půdy} - \text{hmotnost vysušené půdy}) \times 100 / \text{hmotnost vysušené půdy}$$
 (Karlík & Poschold 2009).

Orientace zkusných ploch byla zjištěna pomocí buzoly jejím nasměrováním po spádnicí svahu ze středu jednotlivých snímků. Sklon byl změřen pravítkem kombinovaným s úhломěrem, ke kterému byla pomocí vlasce připevněna olovnice. Měření sklonu bylo uskutečněno s odstupem od zájmové plochy, kdy byla v natažené ruce rovina pravítka srovnána vizuálně se svahem a hodnota sklonu byla odečtena na stupnici úhломěru.

Pro účely analýz byly každé zkusné ploše přiřazeny hodnoty 1–5, které vypovídají o její poloze na svahové katéně. Hodnotou 1 byly označeny snímky nejnižše položené a hodnotou 5 snímky položené nejvýše na svahu.

3.3 Zpracování dat

3.3.1 Editace dat

Nasbíraná data z fytoecnologických snímků byla digitalizována do databázového programu Turboveg for Windows (Hennekens 1996; Hennekens & Schaminée 2001) a následně byla upravena v programu Juice (Tichý et al. 2011) do výsledné fytoecnologické tabulky. Nomenklatura některých druhů byla ponechána podle interní databáze v programu Turboveg a liší se od publikace Kubát et al. (2002), např. *Tanacetum corymbosum*, *Buglossoides purpureocaerulea*. Některé druhy byly z důvodu obtížné determinace zařazeny pouze do rodu, např. rod *Crataegus* byl zařazen jako taxon *Crataegus* sp. Rovněž juvenilní dřeviny rodu *Quercus* byly zařazeny do taxonu *Quercus* sp. Determinace juvenilních jedinců rodu *Rosa* byla z důvodu výskytu dvou druhů, a to *Rosa canina* a *Rosa gallica*, zařazena do taxonu *Rosa* sp. Není vyloučené, že výskyt *Rosa gallica* bude hojnější, její určování ve sterilním stavu bylo však obtížné. V programu Juice byly rovněž vypočítány vážené průměry Ellenbergových indikačních hodnot. Výpočet zahrnoval dva kroky, a to iniciaci načtením

Ellenbergových indikačních hodnot jednotlivých druhů z interního zdroje (www3) a samotný výpočet vážených průměrných hodnot.

Dále byly provedeny výpočty hodnot potenciálního světelného toku (PADIR) a tepelného požitku (Heatload), kde do příslušných výpočtů vstupují proměnné – sklon svahu, expozice ke světovým stranám a zeměpisná šířka (McCune & Keon 2002, rovnice 3).

3.3.2 Analýza dat

Jednotlivá data z fytoocenologických snímků byla analyzována pomocí programu CANOCO 5 (Lepš & Šmilauer 2000; Šmilauer & Lepš 2014). Tyto analýzy osvětlily hlavní závislosti rozložení druhů podle zjištěných vlastností prostředí. Nejprve byla provedena lineární analýza PCA, při které bylo zjištěno, jaké vztahy mají vzájemně mezi sebou různé proměnné prostředí. Nepřímou ordinační analýzou PCA bylo provedeno pět analýz s odmocninovou transformací pokryvností druhů (potlačuje význam dominantních druhů s vysokou pokryvností), s vycentrováním druhů a se standardizací dat. Tyto analýzy zobrazují strukturu druhového složení ve vazbě na dva hypotetické hlavní gradienty prostředí, rozložené podél dvou os (x, y) ve dvourozměrném hyperprostoru; porovnávat zde můžeme vzájemné vztahy mezi jednotlivými druhy.

Pro odhalení závislosti výskytu druhů na gradienty měřených proměnných prostředí byla provedena přímá lineární analýza RDA. Opět byla použita odmocninová transformace dat pokryvnosti druhů a vycentrování druhů. Statistická významnost proměnných prostředí byla testována výběrem „forward selection“ v průběhu vlastní ordinační analýzy. Z důvodu velkého množství proměnných prostředí a relativně malého počtu nezávislých pozorování (40 ploch) nebylo možné testovat všechny proměnné najednou, ale bylo třeba testovat menší skupiny proměnných prostředí tak, aby v každé jednotlivé analýze RDA nebylo obsaženo více jak 13 proměnných (Lepš & Šmilauer 2000). Byly provedeny dílčí analýzy všech měřených proměnných, prvků a dat a postupnou adjustací byly nakonec vybrány tři signifikantní proměnné – pH půdy, hloubka půdy a obsah stroncia v půdě. Tyto prediktory byly použity při tvorbě finálního ordinačního diagramu v přímé analýze RDA. Samostatně byly provedeny další tři přímé analýzy RDA hodnotící vztah obsahu yttria a pH a druhové skladby vegetace, vztah pozice snímků na svahové katéně a druhů bylinného patra a vztah hloubky půdy a dřevinných druhů (stromy, keře a juvenilní dřeviny).

4 Výsledky

4.1 Výsledky fytoocenologického snímkování

Na lokalitě Na Pláních bylo provedeno fytoocenologické snímkování na 30 zkusných plochách a 10 kontrolních plochách. Fytoocenologické snímky včetně pokryvnosti jednotlivých pater, expozice a sklonu svahu jsou přiloženy v příloze č. 1.

Na jednotlivých plochách bylo ve snímku průměrně mapováno 31 taxonů bylin, 4 taxony keřů, 4 taxony stromů a 14 taxonů juvenilních dřevin. Celkový průměrný počet ve snímku byl 54 taxonů. Pokryvnost stromového patra se pohybovala v rozsahu 25–75 %, pokryvnost keřového patra v rozsahu 0–70 % a bylinného patra v rozsahu 12–90 %.

V bylinném patru dominoval ve více jak polovině snímků nitrofilní druh *Galium aparine*, který ovlivňoval jeho pokryvnost. Průměrná pokryvnost E1 bez tohoto druhu byla 36 %, s *Galium aparine* pak 47 %. Ve vrchních partiích svahu v porostu dominoval další nitrofyt *Alliaria petiolata*.

Z hlediska aktuální vegetace lze porosty zařadit do dubohabřin svazu *Carpinion betuli*, přičemž v horní části výzkumné plochy jsou patrné přechody do teplomilných doubrav svazu *Quercion pubescenti-petraeae*. Charakteristickými druhy bylin teplomilných doubrav, které se na zkoumané lokalitě vyskytují, jsou *Buglossoides purpureocaerulea*, *Dictamnus albus*, *Carex humilis*, *Brachypodium pinnatum*, *Clematis recta*, *Tanacetum corymbosum*, *Festuca rupicola*.

4.2 Stanovištní poměry

4.2.1 Hodnoty pH

Naměřené hodnoty pH se pohybují od hodnot 5,83 do 7,48, tedy od mírně kyselých po mírně zásadité (tab. 2).

Tab. 2: Hodnoty pH naměřené v půdě na jednotlivých zkusných plochách

Číslo plochy	pH	Číslo plochy	pH	Číslo plochy	pH	Číslo plochy	pH
1	7,03	11	7,02	21	7,01	31	7,02
2	6,73	12	6,96	22	6,71	32	6,1
3	5,84	13	6,05	23	7,15	33	7,1
4	7,53	14	7,17	24	6,92	34	7,38
5	7,36	15	7,15	25	6,51	35	7,14
6	6,34	16	7,4	26	7,2	36	6,77
7	5,83	17	6,99	27	7,48	37	7,04
8	6,75	18	6,91	28	7,05	38	6,37
9	7,19	19	6,95	29	7,25	39	7
10	6,64	20	6,46	30	6,78	40	7,03

4.2.2 Hloubka půdy a prvkové složení půdy

V každé ploše se provedlo 16 měření hloubky půdy. Vypočítaný průměr ze všech měření pro každou plochu se pohyboval od 8 do 27 cm, přičemž hlubší půdy se vyskytují ve spodních partiích svahu. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v příloze č. 2.

Zjištěné prvky v půdě s nejvyššími koncentracemi jsou uvedeny v tabulce 3. Příloha č. 4 udává ostatní prvky zastoupené v nižších množstvích.

Tab. 3: Prvky v půdě studované lokality a jejich naměřené hodnoty v jednotkách g.kg⁻¹. „LE“ udává sumu pro tzv. lehké prvky (prvky lehčí jak Mg nejsou rentgenovou analýzou jednotlivě detekovatelné). Tabelaovány jsou zde pouze dominantní prvky.

Prvek	Naměřené hodnoty			
	průměr	medián	min	max
LE	706.73	696.52	670.05	742.25
Si	196.16	195.30	134.38	268.60
Al	39.87	39.84	30.86	51.13
Fe	27.39	27.79	23.19	32.29
Ca	21.40	22.00	8.09	37.11
P	0.52	0.34	0.00	2.18
Ti	4.27	4.28	3.38	5.06
Mn	1.42	1.36	0.67	2.84
S	1.19	1.13	0.46	2.32

4.2.3 Ostatní měřené proměnné prostředí

Na zkusných plochách byly změřeny a dopočítány další proměnné prostředí, např. expozice lokality, sklon, pokryvnost jednotlivých pater, ukazatele biodiverzity, Ellenbergovy indikační hodnoty. Jejich průměr je zobrazen v tabulce 4. V příloze č. 2 a č. 3 jsou uvedeny hodnoty pro každou zkusnou plochu zvlášť.

Tab. 4: Přehled průměrných hodnot jednotlivých proměnných prostředí a odvozených proměnných na základě vegetační skladby.

Proměnné prostředí	průměr
Pokryvnost E3 (%)	57
Pokryvnost E2 (%)	22
Pokryvnost E1 (%)	47
Pokryvnost E1 bez <i>Galium aparine</i> (%)	36
Shannonův index	2,87
Sklon svahu (°)	15
Expozice (°)	152
Světlo (Ellenberg)	5,59
Teplota (Ellenberg)	5,58
Kontinentalita (Ellenberg)	3,78
Vlhkost (Ellenberg)	4,36
Půdní reakce (Ellenberg)	6,76
Živiny (Ellenberg)	4,99

4.3 Statistické vyhodnocení pomocí mnohorozměrných analýz

Při vyhodnocování byly nejprve provedeny čtyři lineární analýzy (PCA). Jejich numerické zhodnocení a procenta vysvětlené variability jsou shrnuty v tabulce 5. Procenta variability nám říkají, jak úspěšná byla analýza – čím je výraznější systematická variabilita v datech, tím vyšší je procento vysvětlené variability na ordinačních osách. Bylinná složka fytoocenózy vysvětlovala větší procento variability než dřevinná složka.

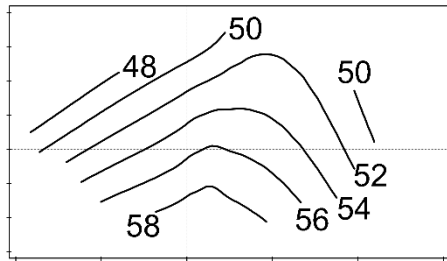
Tab. 5: Numerické vyhodnocení ordinačních nepřímých analýz PCA.

Číslo analýzy	Popis ordinační nepřímé analýzy	% variability	
		AX 1	AX 2
1	PCA – unconstrained, herbs - byliny	37,5	8,3
2	PCA – unconstrained, woody - dřeviny	25	16
3	PCA – unconstrained, Ellenberg + herbs (byliny)	37,5	8,3
4	PCA – environment	41,2	14,9

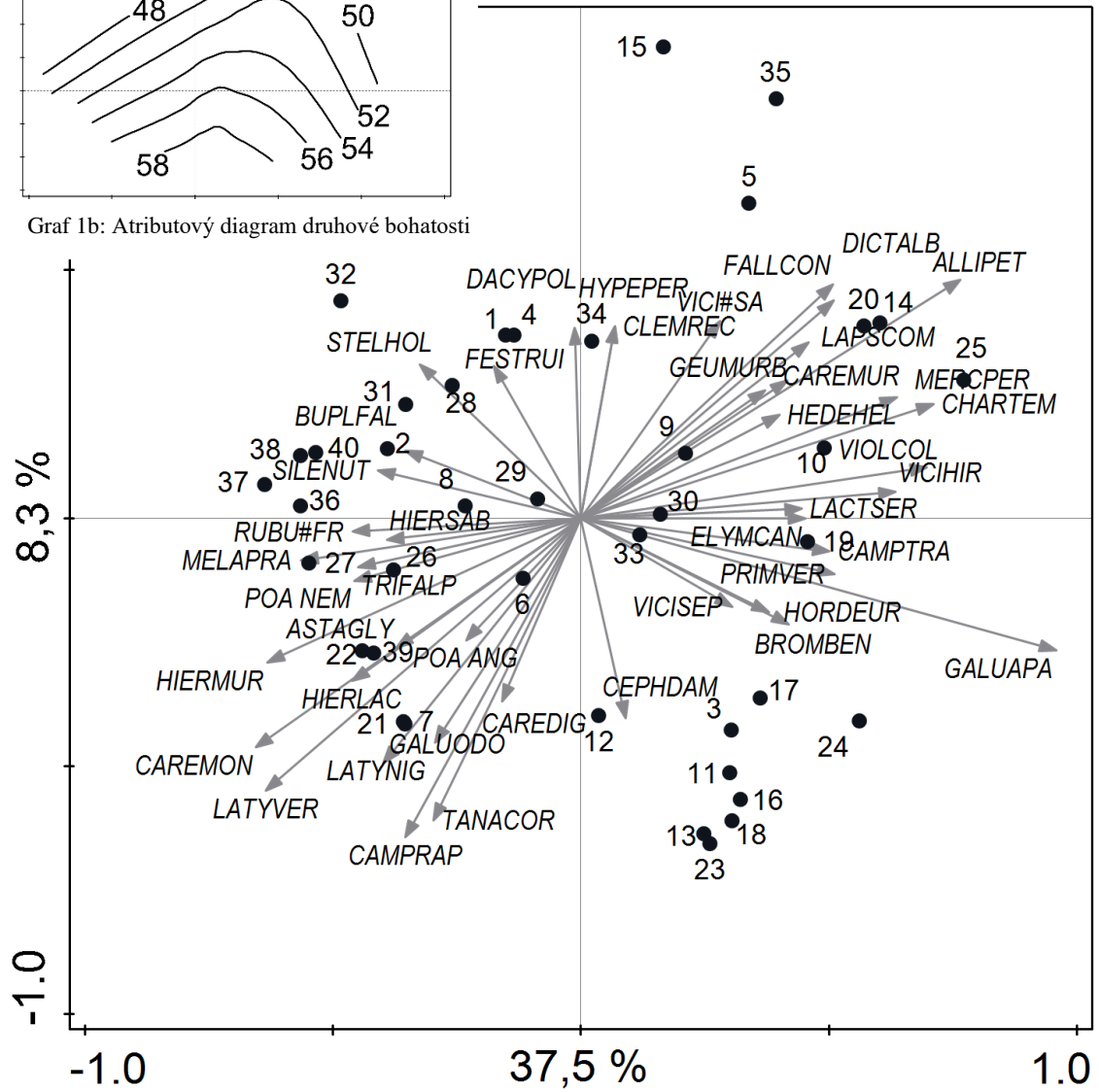
Grafické výstupy z jednotlivých analýz naznačují, které proměnné nejlépe vysvětlují výskyt jednotlivých druhů.

Graf 1a zobrazuje výsledek nepřímé lineární analýzy PCA (analýza č. 1) druhů bez zahrnutých dřevin. Rozložení fytoocenologických snímků na ose X přibližně odpovídá jejich pozici na svahu. V pravé části grafu jsou snímky spodní řady ploch a vlevo jsou zobrazeny snímky horní části plochy. Podél osy X je tak výrazný gradient odpovídající reakci bylin na svahovou katénu. Vlevo na ose X se dále nachází acidofilní druhy *Melampyrum pratense*, *Hieracium murorum*, *Poa nemoralis* a neutrofilní lesní druhy jako *Galium odoratum*, *Lathyrus vernus*, *Silene nutans* tedy druhy na živiny nenáročné, vpravo na ose X jsou pak nitrofilní druhy jako *Galium aparine*, *Vicia hirsuta*, *Chaerophyllum temulum*, *Campanula trachelium*, tedy druhy na živiny náročné. Osa X se proto jeví jako gradient živin, který je rovněž silně korelován s polohou vegetace podél svahové katény. Podél osy Y se nahoře vyskytují vlhkomilné poloruderální rostliny (*Fallopia convolvulus*, *Dactylis polygama*, *Vicia sativa*, *Geum urbanum*), dole jsou pak druhy subtermofilních dubohabřin vázaných na teplejší půdy (*Campanula rapunculoides*, *Tanacetum corymbosum*, *Lathyrus vernus*, *Lathyrus niger*, *Carex digitata*, *Galium odoratum*). Osa Y tak může představovat gradient vlhkosti, ale i gradient pH. Atributový diagram druhové bohatosti (graf 1b) ukazuje druhově bohaté snímky ve spodní části ordinačního prostoru a druhově chudší snímky v horní části ordinačního prostoru. Diverzita bylin je proto závislá na společném gradientu vlhkosti a pH půdy.

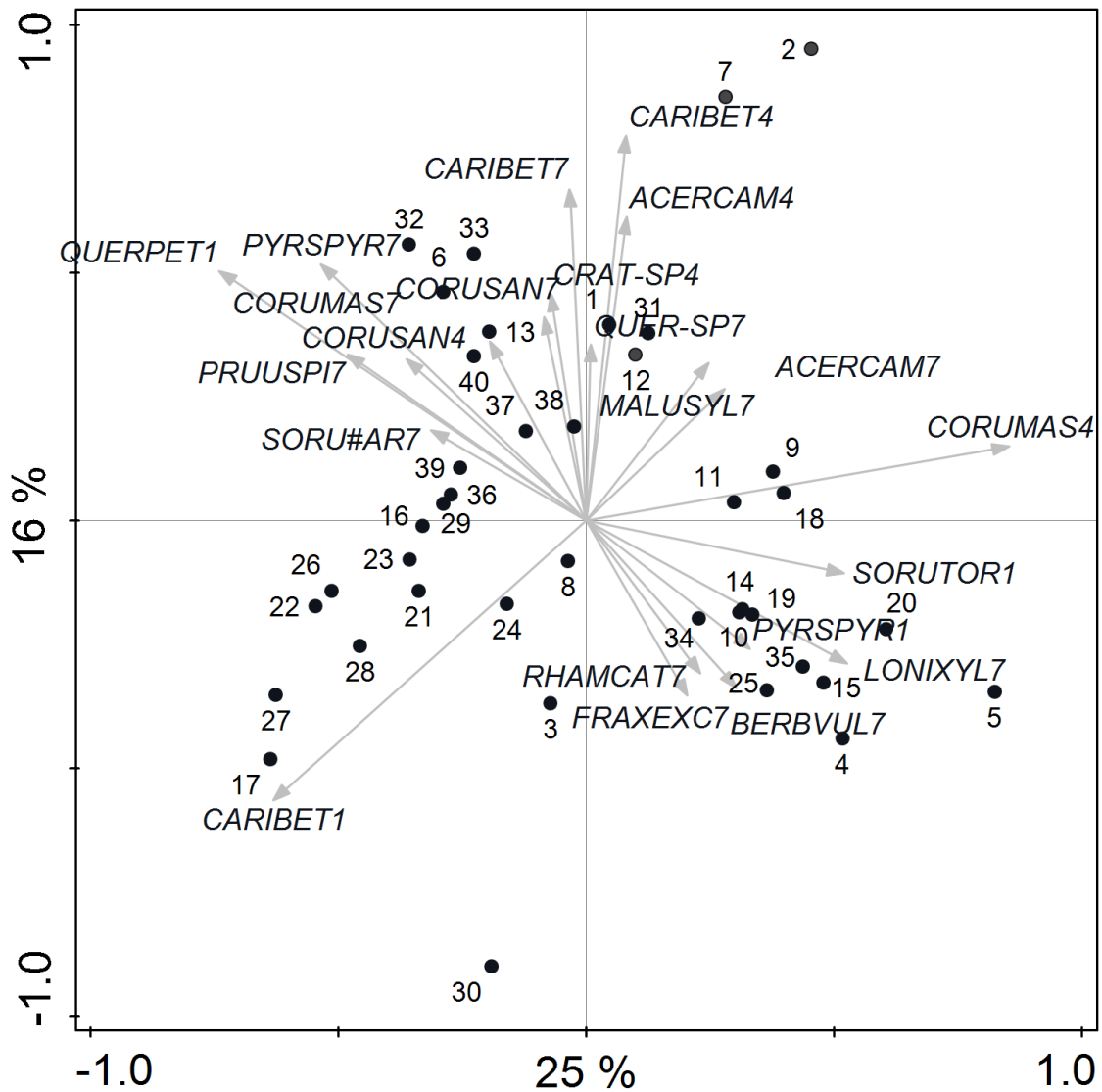
Graf 1a: Ordinační diagram nepřímé lineární analýzy PCA. Zobrazeno je 44 nejlépe fitujících druhů a centroidy všech fytoocenologických snímků. Analýza zahrnuje pouze bylinné patro ve zkušných plochách.



Graf 1b: Atributový diagram druhové bohatosti

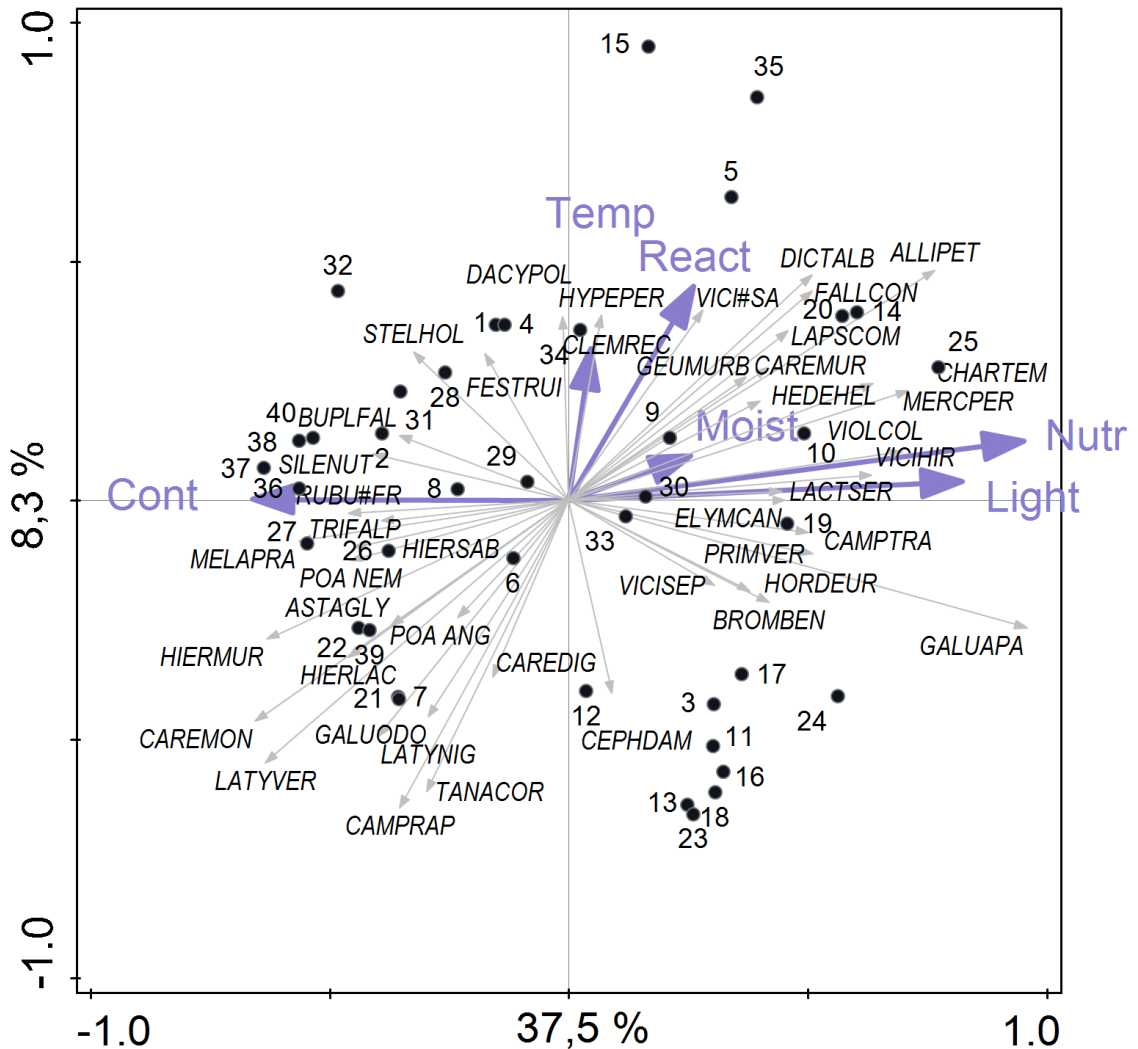


Graf 2: Ordinační diagram nepřímé lineární analýzy PCA. Zobrazeno je 22 nejlépe fitujících druhů a centroidy všech fytoecenologických snímků. Analýza zahrnuje pouze druhy dřevin.



Graf 2 zobrazuje výsledek nepřímé lineární analýzy PCA (analýza č. 2) keřového a stromového patra a juvenilních dřevin. Podél osy X je vysvětleno 25 % variability. Vlevo se vyskytují zapojené porosty dubohabřin s *Quercus petraea* a *Carpinus betulus*, vpravo pak rozvolněné porosty s břekem, hrušní a dřínem v keřovém patře. S ohledem na ekologii dřevin se dá tento graf interpretovat tak, že vlevo jsou druhy vázané na hlubší půdy a vpravo na mělčí. Gradient osy X tak pravděpodobně odráží hloubku půdy a zároveň i její vlhkost.

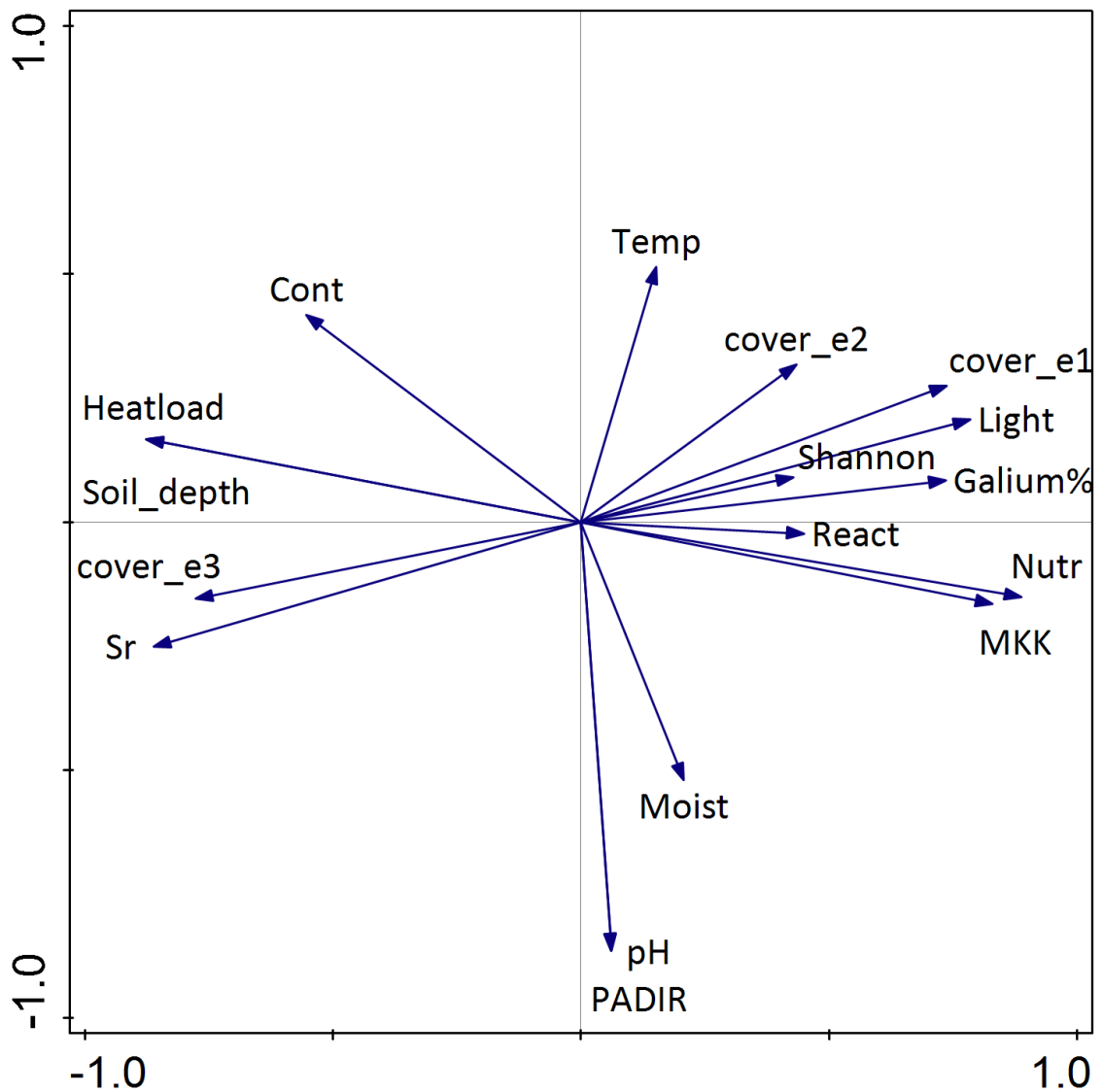
Graf 3: Ordinační diagram nepřímé lineární analýzy PCA. Zobrazeno je 44 nejlépe fitujících druhů bylin, centroidy všech fytoecenologických snímků a jednotlivé Ellenbergovy indikační hodnoty, promítnuté do ordinačního diagramu pasivní korelací. Zahrnuty jsou pouze bylinné druhy.



Graf 3 zobrazuje výsledek nepřímé lineární analýzy PCA (analýza č. 3) bylinného patra s doplněnými Ellenbergovými indikačními hodnotami. Osy X a Y v této ordinaci charakterizují gradienty identické s oběma osami v ordinační analýze na grafu 1a, tedy že osa X je pravděpodobným gradientem živin. V dolní části grafu jsou mezofilnější vlhkomilnější druhy rostlin (*Galium odoratum*, *Campanula rapunculoides*) a nahoru přibývají teplomilnější druhy (*Clematis recta*, *Dictamnus albus*), což naznačuje i gradient teploty podél osy Y. Dle atributového grafu 1b jsou zároveň dolní snímky druhově bohatší než horní snímky, představující suchem stresované porosty. To je dáno faktem, že v dolních mezofilních porostech stále mohou existovat a přežít i suchomilné druhy, které potom

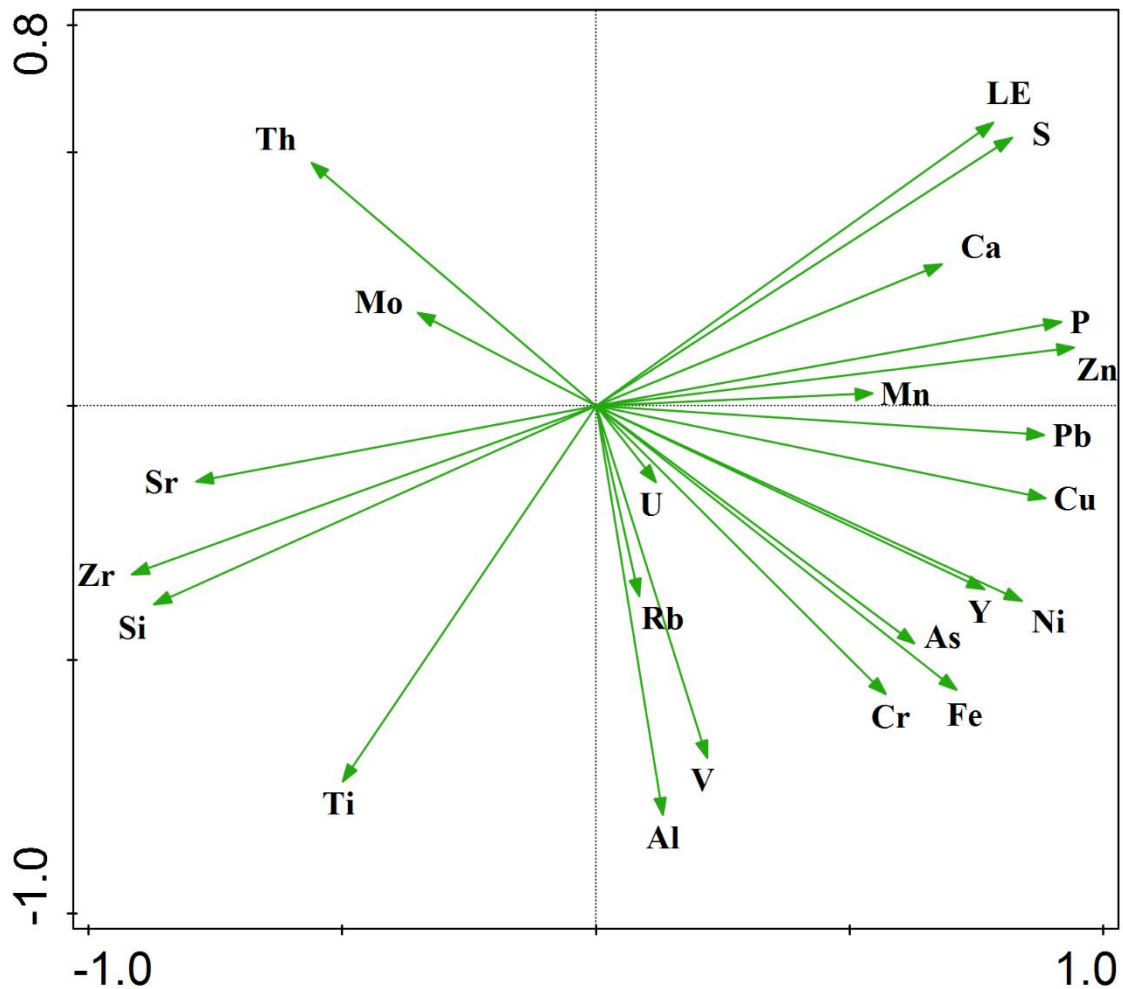
zvyšují druhovou bohatost. Osa Y je tedy vedle gradientu pH, vlhkosti i gradientem druhové bohatosti. Druhová bohatost ve všech zkusných plochách je hlavně závislá na vlhkosti půdy, tedy pravděpodobně též na hloubce půdy a s tím spojené míře rozvolněnosti stromového patra.

Graf 4: Ordinační diagram analýzy PCA. Zobrazuje vzájemný vztah všech proměnných prostředí a pomocných prostředí – Ellenbergovy indikační hodnoty, Shannonův index diverzity, pokryvnost jednotlivých pater, světelný a tepelný požitek, měřené stanovištní poměry: pH půdy, hloubka půdy, maximální kapilární kapacita.



Graf 4 zobrazuje lineární analýzu PCA (analýza č. 4) se všemi měřenými ekologickými proměnnými životního prostředí. Provedli jsme korelační analýzu všech proměnných navzájem. Významná korelace se správně ukazuje mezi pokryvností E1 a světlem, tzn. čím je více světlomilnějších druhů, tím vyšší je pokryvnost bylinného patra, a zároveň je patrná korelace se Shannonovým indexem diverzity, tedy bohatost vegetace roste s poklesem korunového zápoje. Shannonův index diverzity dále těsněji koreluje s indikační hodnotou reakce, což nám ukazuje, že vápnomilnější druhy jsou tam, kde je druhově bohatší vegetace. Ve více jak polovině zkusných ploch byl patrný značný nárůst abundance druhu *Galium aparine*, který svým vlivem zastíňoval pokryvnost E1 patra. Při snímkování byla tedy pokryvnost bylinného patra odhadována s *Galium aparine* a zvláště bez tohoto druhu. *Galium aparine* je indikátor živin a na ordinačním grafu lze tak logicky vidět výraznou korelaci mezi pokryvností *Galium aparine* a vzrůstem indikační hodnoty pro živiny. Vysoký potenciální obsah živin v půdě významně ovlivňuje i fyzikální vlastnosti půdy, v tomto případě zejména retenční schopnost půdy, což je z grafu rovněž patrné (korelace mezi maximální kapilární kapacitou a Ellenbergovou hodnotou živin). Hloubka půdy koreluje s pokryvností stromového patra, tedy čím je hlubší půda, tím jsou lepší podmínky pro růst dřevin. Také hodnota pH koreluje se světelným požitkem, kdy na bazičtějších půdách jsou rozvolněnější porosty, proto více světelného záření dopadá do podrostu s koncentrací teplomilných druhů.

Graf 5: Ordinační diagram lineární analýzy PCA. Charakteristika prvkového složení půd ve studovaných porostech.



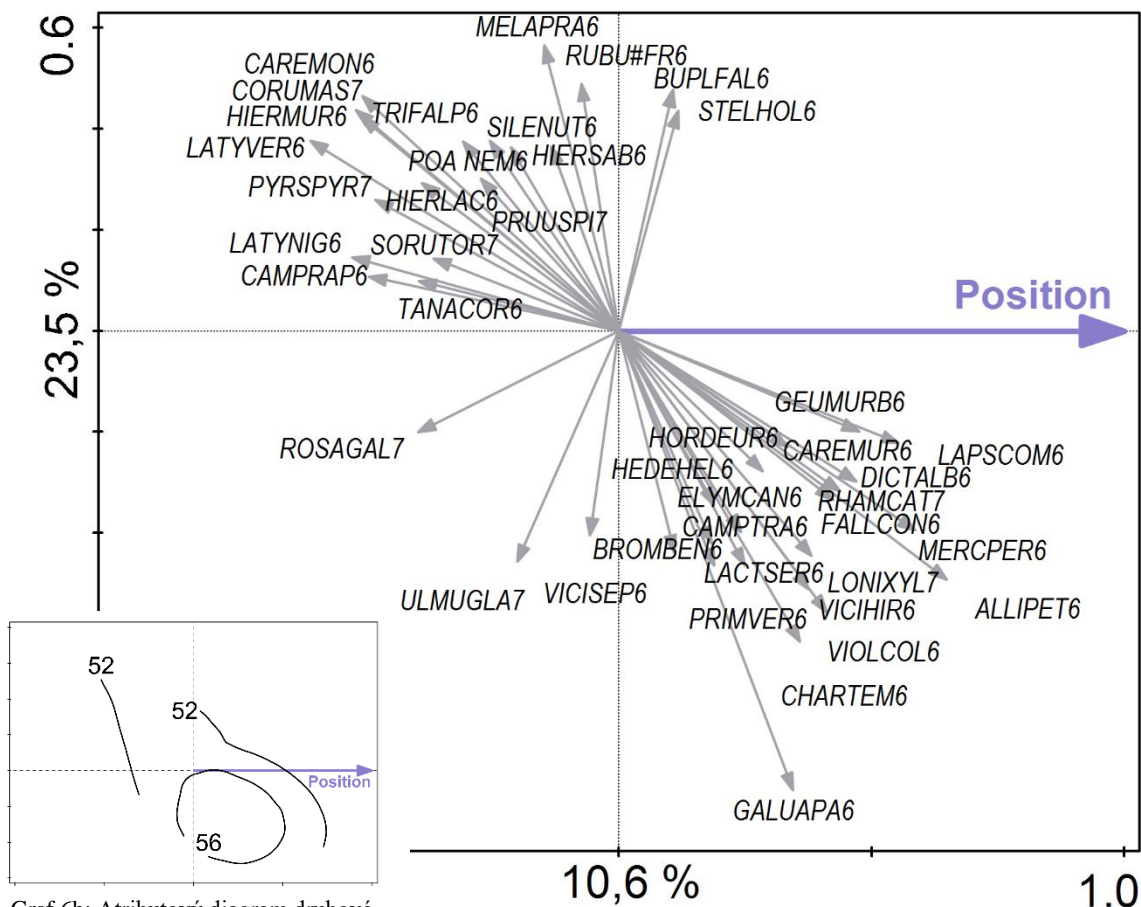
Graf 5 zobrazuje výsledek lineární analýzy PCA (analýza č. 5) závislosti jednotlivých prvků v půdě. V grafu je zobrazena korelace síry a lehkých prvků, které jsou součástí organických látek. Také korelace makroprvků zinku, vápníku a hořčíku celkově charakterizuje dostupnost živin pro rostliny. Zajímavé je postavení stroncia na jedné straně grafu a vápníku a organických prvků na druhé – prvky spolu nekorelují.

Pro vysvětlení závislosti proměnných prostředí s druhovou skladbou vegetace byla provedena přímá ordinační analýza RDA. Bylo provedeno pět přímých analýz RDA. Jejich numerické vyhodnocení a procenta vysvětlené variability podél dvou nejvýznamnějších os jsou shrnuty v tabulce 6.

Tab. 6: Numerické vyhodnocení přímých ordinačních analýz RDA.

Číslo analýzy	Popis ordinační přímé analýzy	% variability	
		AX 1	AX 2
1	RDA – byliny, pozice na svahové katéně	10,6	23,5
2	RDA – dřeviny, hloubka půdy	16,5	26,1
3	RDA – yttrium + pH půdy	8,9	3,7
4	RDA – final – všechny proměnné	20,2	3,8
5	RDA – všechny proměnné + supplementary	20,2	3,8

Graf 6a: Ordinační diagram přímé lineární analýzy RDA. Pozice rostlin na svahové katéně (šipka *Position* ukazuje ve směru rostoucí výšky podél svahu).

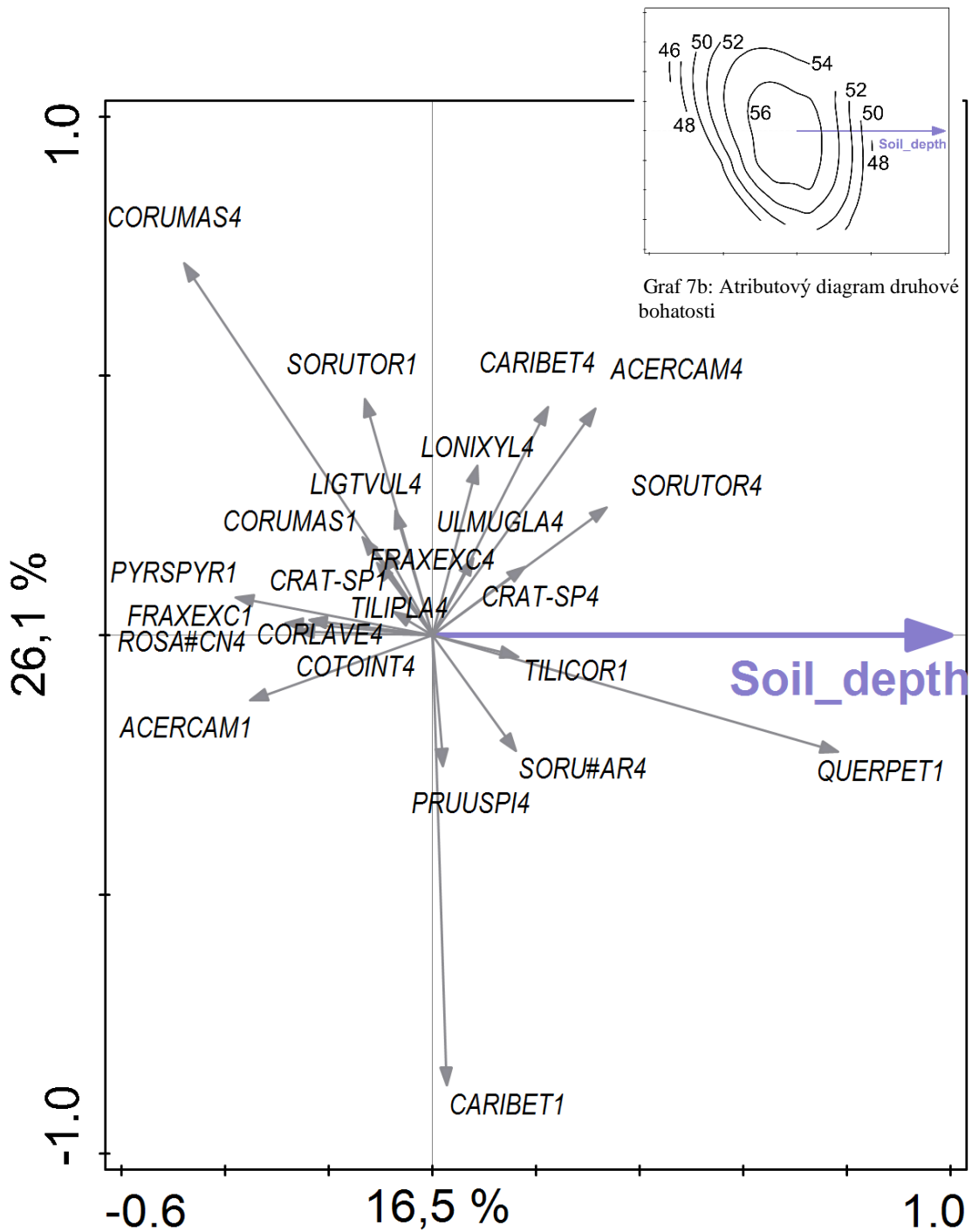


Graf 6b: Atributový diagram druhové bohatosti

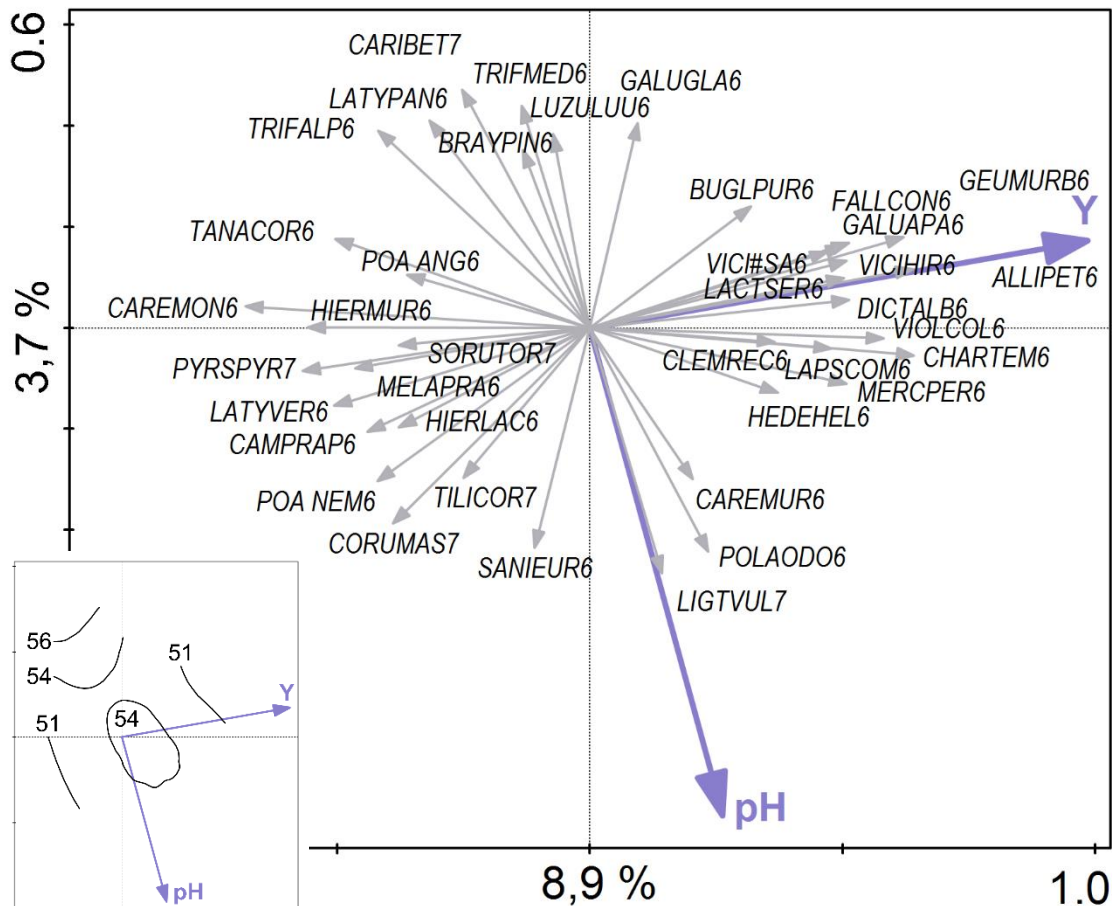
Analýza č. 1 je zobrazena v grafu 6a. Je zde zobrazeno 42 druhů bylinného patra a juvenilních dřevin v závislosti na pozici ve svahu jako proměnnou prostředí. Většina druhů se od analyzované proměnné odděluje a realizuje se na jiných gradientech, než je svahová katéna. S pozicí na svahu lehce klesá počet druhů v bylinném patře (atributový graf druhové bohatosti 6b). Nejbohatší snímky jsou spíše v dolní části svahu, které jsou zároveň vlhčí, mezofilnější. Pozice na svahu je ale slabá proměnná, vysvětluje pouze 10,6 % variability druhových dat. Není zřetelný zásadní rozdíl mezi spodními a vrchními partiemi svahu na zkoumané lokalitě.

Analýza č. 2 zobrazuje na grafu 7a závislost hloubky půdy s pokryvností keřového a stromového patra. Při této analýze byla zkoumána závislost hloubky půdy, světelného a tepelného požitku, pH a pozice na svahu se stromovým a keřovým patrem. Po provedení kroku „forward selection“ se ukázala pouze závislost hloubky půdy, ostatní proměnné měly slabý vliv na výskyt dřevin. V grafu lze vidět významnou pozitivní korelaci dubu a lípy na hlubší půdy, oproti druhům na opačné straně ordinačního prostoru, kde jsou spíše druhy mělkých půd (*Acer campestre*, *Rosa canina*, *Pyrus pyraster*). V atributovém diagramu druhové bohatosti (graf 7b) klesá se zvyšující se hloubkou půdy počet druhů dřevin.

Graf 7a: Ordinační diagram přímé lineární analýzy RDA. Zobrazeny jsou dřeviny stromového i keřového patra v závislosti na hloubce půdy (*Soil_depth*).



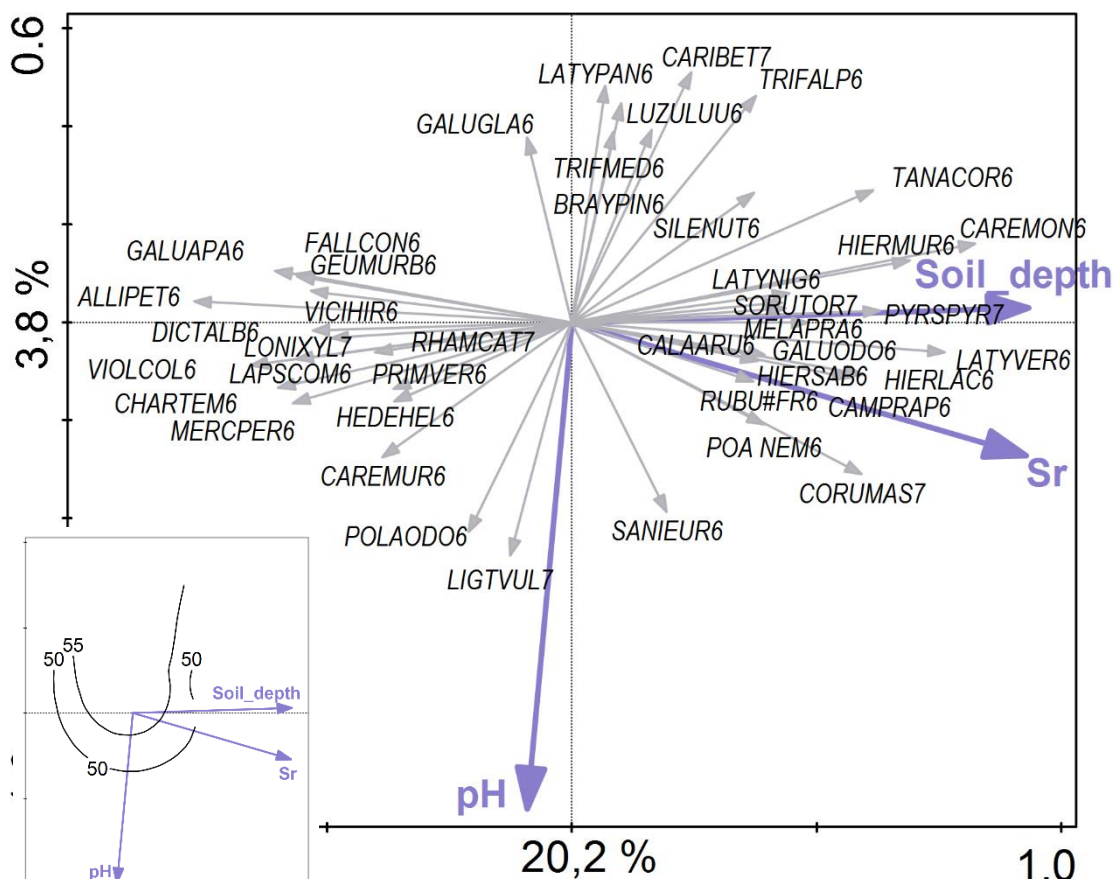
Graf 8a: Přímá gradientní analýza RDA s testem vlivu obsahu yttria v půdě a pH na vegetaci bylinného patra.



Graf 8b: Atributový diagram druhové bohatosti

V grafu 8a je zobrazena analýza 39 bylin i dřevin bylinného patra v závislosti na pH půdy a vlivu obsahu yttria v půdě. Yttrium s pH nejsou spolu korelovány. Určitou korelaci máme mezi gradientem pH a druhy rostoucími na mírně bazických půdách (*Polygonatum odoratum*, *Ligustrum vulgare*, *Carex muricata*, *Sanicula europaea*) v dolní části grafu, naopak v horní části se vyskytují subacidofyty (*Carpinus betulus*, *Luzula luzuloides*). Osa Y však vysvětluje velmi malé procento variability (3,7 %). Ve směru šipky zvyšujícího se obsahu yttria v půdě pozitivně korelují nitrofilní druhy rostoucí na polostinných mezofilních stanovištích (*Alliaria petiolata*, *Geum urbanum*, *Mercurialis perennis*, *Galium aparine*, *Chaerophyllum temulum*), oproti druhům chudších stanovišť na opačné straně grafu (*Carex montana*, *Tanacetum corymbosum*, *Hieracium murorum*). V atributovém diagramu (graf 8b) se ve směru vlivu yttria i ve směru pH odehrává pokles druhové bohatosti.

Graf 9a: Ordinační diagram přímé lineární analýzy RDA zobrazující vliv půdní chemie na zastoupení druhů bylin ve snímcích. Zobrazeno je 42 nejlépe fitujících druhů bylinného patra s juvenilními dřevinami s pH půdy, hloubkou půdy a vlivu obsahu stroncia v půdě jako proměnnými prostředí.

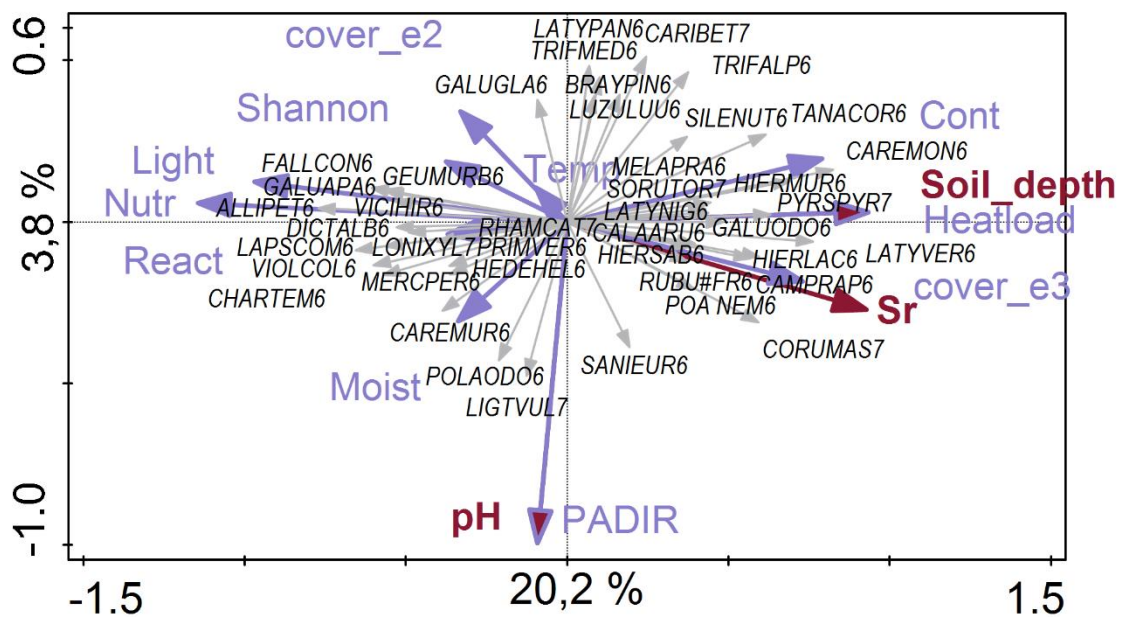


Graf 9b: Atributový diagram druhové bohatosti

V grafu 9a je zobrazena finální ordinační analýza, kdy se postupně adjustací všech měřených proměnných vyfiltrovaly ty nejvýznamnější. V grafu je zobrazeno 42 druhů bylinného patra a jejich závislost na hloubce půdy, vlivu obsahu stroncia v půdě a pH půdy. Hloubka půdy je v mírné pozitivní korelaci se zvyšujícím se obsahem stroncia. V půdách s vyšším obsahem stroncia se vyskytují druhy čerstvých mírně vlhkých půd s mírně kyselou reakcí (*Campanula rapunculoides*, *Lathyrus vernus*, *Hieracium lachenalii*, *Poa nemoralis*, *Galium odoratum*). Naproti tomu v půdách s nízkým obsahem stroncia je zvýšený výskyt nitrofilních rostlin (*Galium aparine*, *Alliaria petiolata*, *Geum urbanum*, *Fallopia convolvulus*, *Chaerophyllum temulum*, *Lapsana communis*, *Mercurialis perennis*). Gradient pH podél osy Y je slabá proměnná, vysvětluje pouze 3,8 % variability. Dole v grafu jsou druhy rostoucí na mírně bazických půdách (*Polygonatum odoratum*, *Ligustrum vulgare*, *Carex muricata*, *Sanicula*

europaea), naopak v horní části se vyskytují subacidofyty (*Carpinus betulus*, *Luzula luzuloides*), ale překvapivě i druhy vázané na bazické půdy bohaté vápníkem jako *Lathyrus pannonicus* a *Galium glaucum*. V atributovém diagramu 9b je zobrazen pokles druhové bohatosti se zvyšující se hloubkou půdy a vlivem obsahu stroncia v půdě i hodnotou pH. Graf 10 zobrazuje finální ordinační analýzu č. 5 doplněnou o ostatní proměnné – Ellenbergovy indikační hodnoty, Shannonův index diversity, pokryvnost patra E2 a E3, světelný a tepelný požitek. Shannonův index diversity je v úzké korelaci s pokryvností keřového patra, ve snímcích je vyšší počet druhů keřů. Světelný a tepelný požitek (PADIR x Heatload) jsou vůči sobě nezávislé. Nelze tedy říci, že čím víc máme na stanovišti tepla, tím víc je tam světla. PADIR je však v úzké korelaci s pH půdy, což je zřejmě dáno tím, že bazičtější stanoviště jsou více rozvolněnější, proniká tam více světelného záření. Gradient pokryvnosti stromového patra je v úzké korelaci s hloubkou půdy. To odpovídá již předešlým analýzám, že stromy jsou vázány na hlubší půdy a na těchto půdách mají větší pokryvnost – zapojenost. Rovněž z grafu vyplývá, že na těchto stanovištích je i vyšší obsah stroncia v půdě.

Graf 10: Ordinační diagram přímé lineární analýzy RDA, zobrazující vliv statisticky průkazných proměnných na druhovou skladbu bylinného patra, s vynesemím doplňkových proměnných.



Vysvětlivky ke zkratkám v grafech:

Galiapa%: Pokryvnost E1 bez *Galium aparine*; Cover_E1: Pokryvnost E1; Cover_E2: Pokryvnost E2; Cover_E3: Pokryvnost E3; Soil_depth: Hloubka půdy; Light: Světlo; React: Půdní reakce; Temp: Teplota; Moist: Vlhkost; Cont: Kontinentalita; Nutr: Živiny; PADIR: Světelný požitek; MKK: Maximální kapilární kapacita; Heatload: Tepelný požitek; ACERCAM *Acer campestre*; ALLIPET *Alliaria petiolata*; ASTAGLY *Astragalus glycyphyllos*; BERBVUL *Berberis vulgaris*; BRAYPIN *Brachypodium pinnatum*; BROMBEN *Bromus benekenii*; BUGLPUR *Buglossoides purpureocaerulea*; BUPLFAL *Bupleurum falcatum*; CALAARU *Calamagrostis arundinacea*; CAMPRAP *Campanula rapunculoides*; CAMPTRA *Campanula trachelium* CAREDIG *Carex digitata*; CAREMON *Carex montana*; CAREMUR *Carex muricata*; CARIBET *Carpinus betulus*; CEPHDAM *Cephalanthera damasonium*; CLEMREC *Clematis recta*; CORLAVE *Corylus avellana*; CORUMAS *Cornus mas*; CORUSAN *Cornus sanguinea*; COTOINT *Cotoneaster integerrimus*; CRAT-SP *Crataegus* sp.; DACYPOL *Dactylis polygama*; DICTALB *Dictamnus albus*; ELYMCAN *Elymus caninus*; FALLCON *Fallopia convolvulus*; FESTRUI *Festuca rupicola*; FRAXEXC *Fraxinus excelsior*; GALUAPA *Galium aparine*; GALUGLA *Galium glaucum*; GALUODO *Galium odoratum*; GEUMURB *Geum urbanum*; HEDEHEL *Hedera helix*; HIERLAC *Hieracium lachenalii*; HIERMUR *Hieracium murorum*; HIERSAB *Hieracium sabaudum*; HORDEUR *Hordelymus europaeus*; HYPEPER *Hypericum perforatum*; CHARTEM *Chaerophyllum temulum*; LACTSER *Lactuca serriola*; LAPSCOM *Lapsana communis*; LATYNIG *Lathyrus niger*; LATYPAN *Lathyrus pannonicus*; LATYVER *Lathyrus vernus*; LIGTVUL *Ligustrum vulgare*; LONIXYL *Lonicera xylosteum*; LUZULUU *Luzula luzuloides*; MALUSYL *Malus sylvestris*; MELAPRA *Melampyrum pratense*; MERCPER *Mercurialis perennis*; POAANG *Poa angustifolia*; POANEM *Poa nemoralis*; POLAODO *Polygonatum odoratum*; PRIMVER *Primula veris*; PRUUSPI *Prunus spinosa*; PYRSPYR *Pyrus pyraeaster*; QUERPET *Quercus petraea*; QUER-SP *Quercus* sp.; RHAMCAT *Rhamnus cathartica*; ROSA CN *Rosa canina*; ROSAGAL *Rosa gallica*; RUBUFR *Rubus fruticosus* agg.; SANIEUR *Sanicula europaea*; SILENUT *Silene nutans* s. lat.; SORUAR *Sorbus aria*; SORUTOR *Sorbus torminalis*; STELHOL *Stellaria holostea*; TANACOR *Tanacetum corymbosum*; TILICOR *Tilia cordata*; TILIPLA *Tilia platyphyllos*; TRIFALP *Trifolium alpestre*; TRIFMED *Trifolium medium*; ULMUGLA *Ulmus glabra*; VICIHIR *Vicia hirsuta*; VICISA *Vicia sativa* agg.; VICISEP *Vicia sepium*; VIOLCOL *Viola collina*.

5 Diskuze

5.1 Významné druhy na lokalitě Na Pláních

Při snímkování vymezené lokality v roce 2019 bylo zjištěno celkem 108 taxonů cévnatých rostlin. Z toho je 101 druhů, 5 agregátů (*Sorbus aria* agg., *Rubus fruticosus* agg., *Vicia sativa* agg., *Epipactis helleborine* agg., *Rosa canina* agg.) a 3 rody (*Quercus* sp., *Rosa* sp., *Crataegus* sp.). Ze zjištěných taxonů je zahrnuto 22 druhů v Červeném seznamu (Grulich 2017) (tab. 7).

Tab. 7: Ohrožené druhy obsažené v Červeném seznamu.

Název druhu	kategorie IUCN	kategorie ČS 2012	kategorie vyhl. č. 395/1992 Sb.	Název druhu	kategorie IUCN	kategorie ČS 2012	kategorie vyhl. č. 395/1992 Sb.
<i>Anthericum ramosum</i>	LC	C4a		<i>Galium glaucum</i>	NT	C4a	
<i>Berberis vulgaris</i>	NT	C4a		<i>Hierochloe australis</i>	NT	C3	
<i>Buglossoides purpureocaerulea</i>	LC	C4a		<i>Lathyrus pannonicus subsp. collinus</i>	EN	C2b	K
<i>Carex humilis</i>	NT	C4a		<i>Lilium martagon</i>	LC	C4a	O
<i>Cephalanthera damasonium</i>	NT	C4a		<i>Melampyrum cristatum</i>	VU	C3	
<i>Clematis recta</i>	NT	C3	O	<i>Melittis melissophyllum</i>	LC	C4a	O
<i>Cornus mas</i>	LC	C4a		<i>Pyrus pyraeaster</i>	NT	C4a	
<i>Cotoneaster integerrimus</i>	NT	C4a		<i>Rosa gallica</i>	VU	C3	
<i>Crepis praemorsa</i>	EN	C2b		<i>Sorbus aria</i> agg.	VU	C2b	
<i>Dictamnus albus</i>	NT	C3	O	<i>Sorbus torminalis</i>	LC	C4a	
<i>Epipactis atrorubens</i>	NT	C3	O	<i>Viola mirabilis</i>	LC	C4a	

(Vysvětlivky k tab. 7: kategorie IUCN: VU – zranitelný, EN – ohrožený, NT – téměř ohrožený, LC – málo dotčený; kategorie dle Červeného seznamu 2012: C2b – silně ohrožený, C3 – ohrožený, C4a – vzácnější taxony vyžadující další pozornost; kategorie dle vyhl. MŽP č. 395/1992 Sb.: K – kriticky ohrožený, O – ohrožený)

5.2 Vegetace

Vegetace byla porovnána s lokalitou Na Voskopě a lokalitou Za Lípou (NPR Koda), kde byly v minulých letech založeny podobné výzkumné plochy. Na lokalitě Na Voskopě bylo ve vegetačním období 2013 potvrzeno 115 taxonů cévnatých rostlin (Hroník 2014). Ze

zjištěných taxonů je 20 druhů obsaženo v Červeném seznamu (Grulich 2012). Z toho jsou dva druhy zařazeny v kategorii C2 silně ohrožené (*Sorbus aria*, *Quercus cerris*), 4 taxony v kategorii C3 ohrožené (*Asperula tinctoria*, *Clematis recta*, *Juniperus communis*, *Polygala chamaebuxus*), 13 taxonů v kategorii C4a vzácnější taxony vyžadující další pozornost (*Anthericum ramosum*, *Berberis vulgaris*, *Carex humilis*, *Cephalanthera damasonium*, *Cornus mas*, *Cotoneaster integerrimus*, *Galium glaucum*, *Lilium martagon*, *Primula veris*, *Pyrus pyraster*, *Sorbus torminalis*, *Teucrium chamaedrys*, *Thymus praecox*) a 1 druh v kategorii C4b taxon nedostatečně prozkoumaný vyžadující pozornost (*Rosa elliptica*).

Na lokalitě Za Lípou bylo v roce 2017 potvrzeno 83 taxonů cévnatých rostlin (Mejstřík 2018), z toho 9 druhů je zařazeno do Červeného seznamu (Grulich 2012). Všechny tyto druhy jsou vedeny v kategorii C4a vzácnější taxony vyžadující další pozornost (*Sorbus torminalis*, *Cornus mas*, *Cotoneaster integerrimus*, *Melittis melissophyllum*, *Neottia nidus-avis*, *Lilium martagon*, *Cephalanthera damasonium*, *Primula veris*, *Pyrus pyraster*).

Z fytoocenologických zápisů lokalit je patrné, že na všech třech lokalitách jsou diagnostické druhy teplomilných doubrav svazu *Quercion pubescenti-petraeae* a teplomilných dubohabřin svazu *Carpinion betuli*. Lokalita Za Lípou s diagnostickými druhy sv. *Carpinion betuli* má více mezofilnější charakter než lokalita Na Voskopě, která spíše odpovídá teplomilným doubravám. Diverzita bylinného patra Na Pláních je nejbohatší ze zkoumaných lokalit. Je to dáno zřejmě rozdílnými stanovištními podmínkami ve spodní a vrchní části lokality, kdy do spodní části pronikají druhy suchých stanovišť a ve vrchní se stále udržují druhy mezofilní. Oproti lokalitě Na Voskopu a Za Lípou bylo bylinné patro na lokalitě Na Pláních v minulém roce „zapleveleno“ nitrofilními druhy (*Galium aparine*, *Alliaria petiolata*, *Chaerophyllum temulum*, *Fallopia convolvulus*). Tyto druhy se na obou zmíněných lokalitách (Voskop a Za Lípou) vyskytují jen ojediněle nebo roztroušeně. Na Pláních jsou téměř ve všech snímcích, a to mnohdy s velkou pokryvností. Zejména celková pokryvnost bylinného patra byla z výzkumných důvodů hodnocena s druhem *Galium aparine* a bez něj. Tento masivní nárůst byl zřejmě způsoben suchem v předchozích letech, kdy v půdě zůstalo zvýšené množství nespotřebovaných živin a po deštích na jaře 2019 se živiny uvolnily a stoupl tak výrazně podíl nitrofytů v lesích. Nárůst nitrofilních druhů v souvislosti se sezónními výkyvy způsobenými povětrnostními podmínkami naznačuje i řada studií (Buriánek et al. 2013; Hofmeistr et al. 2002).

Na lokalitách Na Voskopě a Za Lípou byla porovnána druhová diverzita bylinného patra s pokryvností stromového patra. Na obou lokalitách byla zaznamenána vyšší druhová diverzita s klesající pokryvností stromového patra (Mejstřík 2018). Na lokalitě Na Pláních se potvrdil stejný výsledek, což je patrné z ordinačního diagramu analýzy PCA pro proměnné (graf 4) a i z diagramu přímé ordinační analýzy RDA (graf 10). Na obou grafech je patrná negativní korelace mezi Shannonovým indexem druhové bohatosti a pokryvností stromového patra a pozitivní korelace mezi Ellenbergovou světlostní hodnotou a pokryvností bylinného patra. Což nám pěkně vysvětluje ekologickou závislost v lesích, kdy po opuštění tradičního hospodaření pařezení, stoupla pokryvnost stromového patra, koruny se zatáhly a díky omezenému dopadajícímu světelnému záření došlo ke snížení pokryvnosti bylinného patra a tím k úbytku druhové bohatosti. Tento úzký vztah světla se zvyšováním druhové diverzity potvrzují i další studie (Hofmeistr et al. 2000; Hofmeistr et al. 2009; Vojík 2018).

5.3 Stanovištní poměry

5.3.1 Prvky v půdě

Porovnáním naměřených hodnot s lokalitami Na Voskopě a Za Lípou lze konstatovat, že hodnoty naměřených hodnot jsou velice podobné (tab. 8).

Tab. 8: Porovnání zastoupení prvků v půdě na srovnávaných lokalitách. Hodnoty jsou uvedeny v g/kg sušiny.

Prvek	Voskop			Za Lípou			Na Pláních		
	průměr	min	max	průměr	min	max	průměr	min	max
LE	729,59	691,50	784,20	647,31	588,90	757,83	706,73	670,05	742,25
Si	144,08	86,40	187,00	228,26	102,80	301,67	196,16	134,38	268,60
Al	40,98	27,20	53,30	48,56	36,07	58,53	39,87	30,86	51,13
Fe	30,01	21,13	38,20	31,38	24,77	38,08	27,39	23,19	32,29
Ca	39,85	21,34	68,65	19,41	6,25	45,66	21,40	8,09	37,11
P	1,25	0,80	1,79	1,17	0,00	2,76	0,52	0,00	2,18
Ti	3,93	2,50	4,90	4,73	3,66	5,90	4,27	3,38	5,06
Mn	1,03	0,53	2,58	1,26	0,72	3,38	1,42	0,67	2,84

Zajímavé je porovnání obsahu vápníku v půdě a zastoupení vápnomilných druhů na lokalitách. Lokalita Voskop se nachází na vápnatějších půdách než obě další lokality. Z fytoocenologických snímků je patrné zastoupení vápnomilných druhů na Voskopě (*Asperula tinctoria*, *Bupleurum falcatum*, *Clematis recta*, *Sesleria caerulea*). Na zkoumané lokalitě na Pláních je i přes menší obsah vápníku v půdě výskyt kalcitofytů daleko výraznější (*Asperula cynanchica*, *Bupleurum falcatum*, *Carex humilis*, *Clematis recta*, *Crepis praemorsa*, *Dictamnus albus*, *Epipactis atrorubens*, *Lathyrus pannonicus*, *Buglossoides purpureocaerulea*, *Melampyrum cristatum*). Naopak na lokalitě Za Lípou, s podobným obsahem vápníku jako Na Pláních, vápnomilné druhy úplně chybí. Je to dáno zřejmě dalšími stanovištními podmínkami, jako je zejména jiná expozice této lokality a hloubka půdy, což má dále vliv na odlišnosti ve vlhkostních poměrech a celkové pokryvnosti stromového patra.

Ve všech provedených analýzách vyšla vysoce signifikantní závislost mezi obsahem stroncia v půdě a druhovou skladbou. Na grafu 4 lineární korelační analýzy PCA je zřetelná poměrně úzká pozitivní korelace stroncia a pokryvnosti stromového patra. Naproti tomu se obsah stroncia snižuje se vzrůstající pokryvností bylinného patra. V grafu analýzy prvků (graf 5) je zajímavé postavení stroncia na jedné straně ordinačního prostoru a vápníku a lehkých prvků na straně opačné. Tento výsledek odpovídá závěrům studií (Dvořáková 2012; Škarbová 2013), které uvádějí nízký pohyb stroncia v půdách s vysokým obsahem vápníku. Stroncium má přitom podobné chemické vlastnosti jako vápník (má atomové číslo vyšší pouze o jeden neutron). Jeho příjem rostlinami úzce souvisí s dostupností vápníku v půdě a také na obsahu organické hmoty. Více mobilní je stroncium v kyselých a anareobních půdách. Půdní pH a množství vápníku může omezit množství akumulovaného stroncia rostlinami. Podle provedených analýz (graf 10) se ukázalo, že v půdách bohatých na živiny je nižší obsah stroncia. Množství organické hmoty v půdě má významný vliv na dostupnost stroncia a jeho následný příjem rostlinami. Dusíkaté sloučeniny mají nepřímý pozitivní účinek na příjem stroncia tím, že zvýší růst rostlin a hustotu kořenů, a nakonec zvýší akumulaci stroncia v rostlinné biomase (Dvořáková 2012).

Stejné postavení mezi prvky Sr, Ca a sumou lehkých prvků (LE) lze zaznamenat i u lokality Za Lípou, kde stroncium také úzce koreluje s pokryvností stromového patra. Na lokalitě Na Voskopě v ordinačním grafu přímé lineární analýzy vápník i stroncium spolu zřetelně korelují a nejsou v korelaci s lehkými prvky. V obou pracích (Hroník 2012; Mejstřík 2018) však byla provedena pouze jedna analýza se stronciem, a tak nelze výsledky jednoznačně

porovnávat. Při dalších výzkumech by bylo zajímavé se zaměřit na vegetaci a její vliv na obsah stroncia v půdě.

5.3.2 Hloubka půdy

Průměrná hloubka půdy na lokalitě se pohybovala v jednotlivých zkusných plochách od 8 do 27 cm, přičemž hlubší půdy byly ve spodních částech lokality. Bylo provedeno několik analýz, kdy byla zkoumána závislost hloubky půdy na vegetaci. V ordinační analýze č. 4 (graf 4) koreluje hloubka půdy s pokryvností stromového patra, tedy čím je hlubší půda, tím jsou lepší podmínky pro růst dřevin. Rovněž v grafu 7a lze vidět významnou vazbu dubu a lípy na hlubší půdy oproti druhům mělčích půd na opačné straně ordinačního prostoru (*Acer campestre*, *Rosa canina*, *Pyrus pyraeaster*).

5.3.3 Hodnota pH

Změřené hodnoty na jednotlivých zkusných plochách jsou v rozmezí od 5,83 do 7,48, tedy od mírně kyselých až po mírně zásadité půdy. Ve vztahu s pozicí ve svahu není zřetelná zvláštní korelace s půdní reakcí, i když lze předpokládat, že budou existovat silnější rozdíly mezi plochami umístěnými nahoře ve svahu, kde jsou mělčí sušší půdy, a nižšími mezofilnějšími plochami.

Na grafech 4 a 10 lze pozorovat úzkou korelaci pH s potencionálním světelným tokem. Tento výsledek by se dal, v souvislosti s ostatními analýzami, interpretovat tak, že se vzrůstajícím pH, tedy na bazičtějších půdách jsou rozvolněnější porosty, do podrostu tak může pronikat více světelného záření oteplujícího mikroklima a na to pozitivně zareagují teplomilné druhy.

V jednotlivých analýzách nejsou spolu překvapivě v kladné korelaci pH půdy a Ellenbergovská půdní reakce, naopak spíše korelují negativně. Tzn. že rostliny jsou podle Ellenberga basičtější, ale vyskytují se na místech, kde je půda kyselejší. Stejný výsledek byl dosažen také na lokalitě Za Lípou (Mejstřík 2018). V lokalitě Na Voskopě nebyla podobná analýza prováděna. Je to zřejmě způsobeno faktem, že pH půdy mělo v analýzách velmi malé procento vysvětlené variability a nepodařilo se ani výrazně prokázat vliv gradientu pH na složení vegetace. Slabé korelace měly i výsledky analýz lokalit Na Voskopě a Za Lípou.

5.4 Statistické vyhodnocení pomocí mnohorozměrných analýz

Za účelem ekologické interpretace zdejších porostů byly provedeny mnohorozměrné analýzy. Tabulka č. 5 zobrazuje u jednotlivých lineárních analýz PCA procenta variability vysvětlená prvními dvěma osami. U analýz PCA zkoumáme význam jednotlivých os pomocí výskytu jednotlivých druhů, o kterých máme znalosti jejich ekologických nároků. Prvními dvěma PCA analýzami (graf 1a a graf 2) byla vysvětlena variabilita vegetace pomocí druhů bylinného patra a dřevinného patra. Přidáním Ellenbergových indikačních hodnot k první analýze bylinných druhů byly zpřesněny původní závěry, tedy že osa X je výrazným gradientem živin, což bylo ověřeno i analýzou č. 4 (graf 4). Směrem k pravé části ordinačního prostoru stoupalo zastoupení druhů náročných na živiny v úzké korelaci s Ellenbergovými hodnotami živin. Z grafu je také zřejmé, že druhová diverzita stoupá spolu se světlem. Negativně byla diverzita bylinného patra ovlivněna hloubkou půdy a pokryvností stromového patra. Tímto se opět potvrzuje hypotéza vlivu světlých lesů na zvyšování druhové diverzity bylinného patra (Kadavý et al. 2011).

Pro přesnější interpretaci byly dále provedeny přímé lineární analýzy RDA, kterými se zjišťovala významnost jednotlivých naměřených hodnot daných vlastností prostředí a jejich vliv na rostliny. Analýzou č. 5 (graf 10) byla provedena finální ordinační analýza, kdy se postupně adjustací všech měřených proměnných statisticky vyhranily tři nejvýznamnější proměnné. Prostou aposteriorní korelací byly přidány doplňkové proměnné, které nám pomohly vysvětlit vlastnosti a vztahy mezi proměnnými a vegetací. Z analyzovaných hodnot vysvětlujících variabilitu vegetace má největší vliv na tuto variabilitu hloubka půdy a vliv obsahu stroncia v půdě. Obě proměnné jsou i vzájemně pozitivně korelovány.

V analýze č. 1 (graf 6a) byla zkoumána závislost pozice snímků ve svahové katéně na vegetaci. Osa X vysvětluje pouze 10,6 % variability, tudíž neexistuje zásadní rozdíl mezi spodní a vrchní částí lokality. Rostliny se realizují spíše podél jiných gradientů a touto základní proměnnou nejsou překvapivě řízeny. Na lokalitě Na Voskopě je naopak silný vliv tohoto gradientu, kdy ve spodní části svahu se vyskytují hájové druhy s větší tolerancí zastínění, hlubší a vlhčí půdou a v horní části svahu jsou teplomilné druhy rostoucí v prosvětlených vrcholových porostech (Hroník 2014).

6 Závěr

Během vegetační sezóny v roce 2019 bylo v NPR Karlštejn vymezeno 40 trvalých zkusných ploch, na kterých byl proveden podrobný fytoocenologický průzkum. V rámci dalších terénních a laboratorních prací bylo dílem změřeno a dílem dopočítáno 40 dalších přímých a odvozených proměnných prostředí. Z hlediska aktuální vegetace lze porosty zařadit do dubohabřin svazu *Carpinion betuli*, přičemž v horní části výzkumné plochy jsou patrné přechody do teplomilných doubrav svazu *Quercion pubescenti-petraeae*. Na zkusných plochách bylo nalezeno celkem 108 taxonů cévnatých rostlin, z nichž 22 je obsaženo v Červeném seznamu (Grulich 2017). Výsledky mnohorozměrných analýz byly porovnány s lokalitami Na Voskopě (Hroník 2014) a Za Lípou (Mejstřík 2018), které byly založeny obdobným způsobem, a probíhá na nich výzkum ekologie pařezin stejnou metodologií. Z porovnání všech lokalit vyznívá, že největší vliv na druhovou diverzitu bylinného patra má vliv světla v porostu (rozvolněnost stromového patra). Na všech lokalitách se již začíná uplatňovat výmladkové hospodaření a vliv světla na celkovou diverzitu se tak bude v příštích letech dále ověřovat.

Významnými vysvětlujícími proměnnými z měřených vlastností prostředí na zkoumané lokalitě Na Pláních, které ovlivňují variabilitu druhů, jsou hloubka půdy a obsah stroncia v půdě. Obě proměnné spolu úzce korelují. Bylo by zajímavé se při dalších výzkumech zaměřit na vegetaci a její vliv na obsah stroncia v půdě.

7 Seznam literatury a použitých zdrojů

- Anonymus (2017): Plán péče o Národní přírodní rezervaci Karlštejn na období 2017–2025.
– Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha: 66 s.
- Anonymus (2000): Textová část oblastního plánu rozvoje lesů, část A, PLO č. 8
Křivoklátsko a Český kras. – ÚHÚL, Brandýs nad Labem: 714 s.
- Barkman JJ, Doing H., Segal S. (1964): Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur
quantitativen Vegetationsanalyse. *Acta Bot. Neerl.*, 13: 394–419.
- Becker T., Spanka J., Schröder L., Leuschner Ch. (2016): Forty years of vegetation change
in former coppice-with-standards woodlands as a result of management change and
N deposition. – *Applied Vegetation Science*, 20: 304–313.
- Braun-Blanquet J. (1964): *Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde*. 3.
Auflage. – Springer Verlag, Wien: 865 s.
- Buček A. (2010): Význam starobyklých výmladkových lesů v kulturní krajině České
republiky. – In: Fórum o krajině a workshop management kulturní krajiny. Sborník
příspěvků, ZF MENDELU v Brně.
- Buriánek V., Liška J. (2009): Možnosti zavedení pařezinného hospodářství a převodu na tvar
středního lesa na vybraných lokalitách v NPR Karlštejn. – Ms., Výzkumný ústav
lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady.
- Buriánek V., Novotný R., Hellebrandová K., Šrámek V. (2013): Ground vegetation as an
important factor in the biodiversity of forest ecosystems and its evaluation in regard
to nitrogen deposition. – *Journal of Forest Science*, 59: 238–252.
- Calster H., Chevalier R., Wyngene B., Archaux F., Verheyen K., Hermy M. (2008): Long-
term seed bank dynamics in a temperate forest under conversion from coppice-with-
standards to high forest management. – *Applied Vegetation Science*, 11: 251–260.
- Čížek L., Šebek P., Bače R., Beneš J., Doležal J., Dvorský M., Miklín J., Svoboda M. (2016):
Metodika péče o druhově bohaté (světlé) lesy. Certifikovaná metodika. –
Entomologický ústav, Biologické centrum AVČR, České Budějovice: 126 s.

- Douda J., Boublík K., Doudová J., Kyncl M. (2016): Traditional forest management practices stop forest succession and bring back rare plant species. – *Journal of Applied Ecology*, 54: 761–771.
- Dörner P., Müllerová J. (2014): Od intenzivního pařezení k lesu ochrannému – analýza historického vývoje lesů na Karlštejnském panství. – *Bohemia centralis*, 32: 425–437.
- Dvořáková B. (2012): Akumulace radionuklidů rostlinami pěstovanými v laboratořích i reálných podmínkách. – Ms., Bakalářská práce: Univerzita Karlova Praha, Přírodovědecká fakulta.
- Hédli R. (2007): Střední les z biologického pohledu. – *Lesnická práce*, 7: 24–25.
- Hennekens S. M. (1996): TURBO(VEG). Software package for input, processing, and presentation of phytosociological data. – IBN-DLO Wageningen, NL and University of Lancaster, UK.
- 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., Mihaljevič M., Hošek J., Sádlo J. (2002): Eutrophication of deciduous forests in the Bohemian Karst (Czech Republic): the role of nitrogen and phosphorus. – *Forest Ecology Management*, 169: 213–230.
- Hofmeister J., Mihaljevič M., Hošek J. (2004): The spread of ash (*Fraxinus excelsior*) in some European oak forests: an effect of nitrogen deposition or successional change? – *Forest Ecology Management*, 203: 35–47.
- Hofmeister J., Hošek J., Modrý M., Roleček J. (2009): The influence of light and nutrient availability on herb layer species richness in oak-dominated forests in central Bohemia. – *Plant Ecology*, 205: 57–75.
- Hroník P. (2014): Lesní vegetace vrchu Voskop v Českém krasu. – Ms., Diplomová práce: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská.
- Chytrý M. (ed.) (2013): Vegetace České republiky 4. Lesní a křovinná vegetace. – Academia, Praha: 553 s.

- Grulich V., Chobot K. (eds.) (2017): Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Příroda, 35: 1–178.
- Grulich V. (2012): Red List of vascular plants of the Czech Republic: 3rd edition. – Preslia, 84: 631–645.
- Jurča J. (1988): Pěstění lesů. – Vysoká škola zemědělská v Brně: 293 s.
- Kadavý J. et al. (2011): Nízký a střední les – jako plnohodnotná alternativa hospodaření malých a středních vlastníků lesa – obecná východiska. – Lesnická práce, s.r.o., nakladatelství a vydavatelství, Kostelec nad Černými lesy: 296 s.
- Karlík P., Poschold P. (2009): History or abiotic filter: which is more important in determining the species composition of calcareous grasslands? – Preslia, 81: 321–340.
- Kubát K., Hrouda L., Chrtek J. jun., Kaplan Z., Kirschner J., Štěpánek J. (eds.) (2002): Klíč ke květeně České republiky. – Academia, Praha: 928 s.
- Lepš J., Šmilauer P. (2000): Mnohorozměrná analýza ekologických dat. – Scriptum, Biologická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích: 102 s.
- Ložek V., Kubíková J., Špryňar P. a kol. (2005): Střední Čechy. – In: Mackovčín P. a Sedláček M. (eds.): Chráněná území České republiky, Svazek XIII. AOPK ČR a Eko Centrum Brno, Praha: 904 s.
- McCune B., Keon D. (2002): Equations for potential annual direct incident radiation and heat load. – Journal of Vegetation Science, 13: 603–606.
- Mejstřík M. (2018): Lesní vegetace lokality Za Lípou v chráněné krajinné oblasti Český kras. – Ms., Diplomová práce: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská.
- Moravec J. a kol. (1994): Fytocenologie. – Academia, Praha: 403 s.
- Neuhäuslová Z. a kol. (1998): Mapa potencionální přirozené vegetace České republiky. – Academia, Praha: 341 s.
- Novák A., Tlapák J. (1974): Historie lesů v chráněné krajinné oblasti Český kras. – Bohemia centralis, 3: 9–40.
- Quitt E. (1971): Klimatické oblasti Československa. – GÚ ČSAV, Brno: 73 s.

- Polanský B. a kol. (1956): Pěstění lesů III. – Státní zemědělské nakladatelství, Praha: 595 s.
- Průša E. (2001): Pěstování lesů na typologických základech. – Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy: 593 s.
- Rothmaler W. (2000): Exkursionsflora von Deutschland, Band 3, Gefäßpflanzen: Atlasband. – Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin: 753 s.
- Skalický V. (1988): Regionálně fytogeografické členění. – In: Hejný S., Slavík B. (eds.): Květena České socialistické republiky 1., p. 103–121. Academia, Praha.
- Šamonil P. (2007): Diverzita půd na vápencích Českého krasu: klasifikace půd a komparace klasifikačních systémů. – *Bohemia centralis*, 28: 7–30.
- Šmilauer P., Lepš J. (2014): Multivariate analysis of ecological data using Canoco 5. – Cambridge University Press: 300 p.
- Škarbová S. (2013): Radionuklidy v houbách lesních ekosystémů. – Ms., Bakalářská práce. MENDELU Brno, Agronomická fakulta.
- Tichý L., Holt J., Nejezchlebová M. (2011): JUICE program for management, analysis and classification of ecological data. 2nd Edition of the Program Manual. – Ms., Dept. of Botany, Masaryk University, Brno: 28 p.
- Thimonier A., Dupouey J. L., Timbal J. (1992): Floristic changes in the herb-layer vegetation of a deciduous forest in the Lorraine Plain under influence of atmospheric deposition. – *Forest Ecology and Management*, 55: 149–167.
- Tomášek M. (2003): Půdy České republiky. – Česká geologická služba, Praha: 67 s.
- Utinek D. (2004): Několik poznámek k výmladkovému a sdruženému lesu. – *Lesnická práce*, 11: 26–27.
- Vild O., Kalwij J., Hédl R. (2015): Effects of simulated historical tree litter raking on the understorey vegetation in a central European forest. – *Applied Vegetation Science*, 18: 569–578.
- Vojík M., Boublík K. (2018): Fear of the dark: decline in plant diversity and invasion of alien species due to increased tree canopy density and eutrophication in lowland woodlands. – *Plant Ecology*, 219: 749–758.

Vyskot M. (1958): Pěstění dubu. – Československá akademie zemědělských věd ve Státním zemědělském nakladatelství, Praha: 258 s.

Legislativa:

Výnos č. 24.029/55-IX Ministerstva kultury České socialistické republiky ze dne 26. dubna 1955. o zřízení národní přírodní rezervace „Karlštejn“.

Výnos 4.947/72-II/2 Ministerstva kultury České socialistické republiky ze dne 12. dubna 1972, o zřízení chráněné krajinné oblasti "Český kras", okres Beroun a Praha-západ, kraj Středočeský.

Vyhláška č. 298/2018 Sb., vyhláška o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů.

Vyhláška č. 395/1992 Sb., vyhláška ministerstva životního prostředí České republiky, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

Vyhláška č. 166/2005 Sb., vyhláška, kterou se provádějí některá ustanovení zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny ve znění pozdějších předpisů, v souvislosti s vytvářením soustavy NATURA 2000.

Internetové zdroje:

Knollová I., Michalcová D. (2011): Manuál aneb jak správně vytvořit databázi a zadávat data do Turbovegu 2.88d: 28 s. Dostupné: <https://docplayer.cz/664266-Manual-aneb-jak-spravne-vytvorit-databazi-a-zadavat-data-do-turbovegu-2-88d-zpracovaly-ilona-knollova-a-dana-michalcova-25-2.html>, cit. 20.5.2020.

www1: AOPK ČR, www.krivoklatsko.ochranaprirody.cz, cit. 02/12/2020.

www2: Amatérská meteorologická stanice – Vysoký Újezd u Berouna, www.vumeteo.cz, cit. 02/12/2020.

www3: JUICE version 7.1: Check lists – Available indicator scales, <https://www.sci.muni.cz/botany/juice/?idm=10>, cit. 05/05/2020.

8 Přílohy

Seznam příloh

Příloha č. 1: Přehledová tabulka fytoocenologických snímků.

Příloha č. 2: Měřené proměnné prostředí a odvozené proměnné.

Příloha č. 3: Měřené proměnné prostředí a odvozené proměnné.

Příloha č. 4: Přehled koncentrací prvků v půdě dle rentgenové analýzy XRF.

Příloha č. 2: Měřené proměnné prostředí (Ellenbergovy indikační hodnoty, pH půdy (pH), hloubka půdy (*soil_depth*), maximální kapilární kapacita půdy (MKK), potenciální sluneční radiace (PADIR), index tepelného požitku (heatload).

	Light	Temp	Cont	Moist	React	Nutr	pH	soil_depth	MKK	PADIR	heatload
1	5,54	5,97	3,87	4,3	6,97	4,68	7,03	18,69	51,85	7,03	18,69
2	5,31	5,86	3,83	4,4	6,78	4,58	6,73	19,63	53,18	6,73	19,63
3	5,71	5,86	3,66	4,53	6,71	5,8	5,84	17,63	48,93	5,84	17,63
4	5,37	5,82	3,73	4,39	6,91	4,95	7,53	9,69	78,03	7,53	9,69
5	5,72	5,89	3,57	4,45	6,97	5,96	7,36	10,88	87,76	7,36	10,88
6	5,69	5,87	3,82	4,22	6,75	4,53	6,34	20,81	52,38	6,34	20,81
7	5,37	5,82	4,06	4,1	6,81	4,08	5,83	21,25	50,42	5,83	21,25
8	5,41	5,91	3,88	4,47	6,77	4,64	6,75	18,25	55,2	6,75	18,25
9	5,57	5,85	3,69	4,42	6,92	5,43	7,19	11,69	77,44	7,19	11,69
10	5,88	5,81	3,67	4,38	6,74	5,45	6,64	8,38	83,52	6,64	8,38
11	5,73	5,87	3,69	4,36	6,76	5,48	7,03	18	59,52	7,03	18
12	5,61	5,83	3,87	4,38	6,66	4,91	6,96	16,88	50,04	6,96	16,88
13	5,76	5,87	3,81	4,24	6,85	5,1	6,05	17,25	54,86	6,05	17,25
14	5,93	5,82	3,7	4,32	6,86	5,86	7,17	9,13	77,11	7,17	9,13
15	5,95	5,97	4,06	4,21	7,03	5,06	7,15	7,75	104,85	7,15	7,75
16	5,93	5,84	3,77	4,35	6,79	5,27	7,4	18	68,46	7,4	18
17	5,87	5,87	3,67	4,24	6,73	5,32	6,99	15,56	56,4	6,99	15,56
18	5,87	5,82	3,73	4,37	6,75	5,41	6,91	16,5	50,54	6,91	16,5
19	5,69	5,83	3,83	4,4	6,83	5,7	6,95	10,38	82,56	6,95	10,38
20	5,9	5,87	3,68	4,43	6,8	5,82	6,46	9,25	86,62	6,46	9,25
21	5,5	5,83	3,89	4,24	6,68	4,21	7,01	25,19	54,18	7,01	25,19
22	5,27	5,79	3,8	4,35	6,51	4,31	6,71	16,94	55,36	6,71	16,94
23	5,69	5,85	3,72	4,36	6,67	5,18	7,15	14	62,33	7,15	14
24	5,85	5,91	3,57	4,41	6,65	5,7	6,92	16,44	72,2	6,92	16,44
25	5,92	5,88	3,49	4,43	6,64	6,46	6,51	11	79,33	6,51	11
26	5,05	5,74	3,65	4,45	6,78	4,53	7,2	19,69	44,5	7,2	19,69
27	5,2	5,79	3,9	4,23	6,75	4,16	7,48	20,19	67,21	7,48	20,19
28	5,36	5,88	3,71	4,36	6,69	4,68	7,05	21	48,49	7,05	21
29	5,56	5,7	3,86	4,43	6,74	4,92	7,25	18,25	54,5	7,25	18,25
30	5,3	5,77	3,64	4,56	6,64	5,51	6,78	8,63	64,56	6,78	8,63
31	5,63	5,92	3,79	4,39	6,65	4,48	7,02	15,13	50,49	7,02	15,13
32	5,32	5,95	4	4,26	6,7	4,18	6,1	17	47,55	6,1	17
33	5,54	5,86	3,78	4,48	6,77	5,1	7,1	20,31	51,96	7,1	20,31
34	5,61	5,83	3,73	4,44	6,89	5,16	7,38	14,06	62,88	7,38	14,06
35	5,88	5,85	3,63	4,34	6,93	5,71	7,14	9,44	78,55	7,14	9,44
36	5,15	5,87	3,83	4,44	6,52	4,36	6,77	21,31	55,47	6,77	21,31
37	5,51	5,89	4,06	4,35	6,46	4,23	7,04	27,75	45,06	7,04	27,75
38	5,51	5,93	3,89	4,29	6,85	4,31	6,37	19,19	46,78	6,37	19,19
39	5,43	5,77	3,86	4,29	6,76	4,17	7	19,81	47,19	7	19,81
40	5,42	5,81	3,81	4,38	6,85	4,29	7,03	21,19	55,72	7,03	21,19

Příloha č. 3: Měřené proměnné prostředí (pokryvnosti jednotlivých pater: stromové patro (cover_e3), keřové patro (cover_e2), bylinné patro včetně juvenilních dřevin (cover_e1), pokryvnost *Galium aparine* (cov_galium), pozice snímku na svahové katéně (Position; 1 = dolní část svahu, 5 = svrchní část svahu), počet druhů (nr_sp), Shannonův index diverzity (Shannon), index druhové vyrovnanosti (Evenness), Simpsonův index druhové dominance (Simpson).

	cover_e3	cover_e2	cover_e1	cov_galium	Position	nr_sp	Shannon	Evenness	Simpson
1	75	25	15	2	1	45	2,76	0,73	0,86
2	55	70	30	1	2	45	2,63	0,69	0,87
3	65	3	50	38	3	41	2,75	0,74	0,89
4	65	15	45	3	4	46	3,01	0,79	0,91
5	45	60	50	18	5	39	2,59	0,71	0,83
6	65	25	50	8	1	58	3,11	0,77	0,88
7	70	30	60	2	2	55	2,86	0,71	0,88
8	70	7	25	2	3	58	3,23	0,79	0,92
9	50	35	65	18	4	52	3	0,76	0,9
10	45	45	70	38	5	51	3,04	0,77	0,91
11	65	12	75	38	1	45	2,83	0,74	0,89
12	55	30	60	18	2	52	3,05	0,77	0,91
13	45	35	70	38	3	55	3,06	0,76	0,91
14	55	20	65	38	4	47	2,93	0,76	0,9
15	25	50	75	8	5	47	3,19	0,83	0,91
16	65	8	70	38	1	52	2,81	0,71	0,84
17	60	0	70	38	2	50	2,71	0,69	0,86
18	50	40	80	38	3	47	2,83	0,74	0,89
19	35	25	80	38	4	48	3,08	0,8	0,92
20	35	50	70	38	5	46	3,05	0,8	0,9
21	65	5	25	3	1	46	2,86	0,75	0,86
22	70	2	15	1	2	42	2,65	0,71	0,81
23	45	5	50	38	3	57	3,06	0,76	0,9
24	45	7	90	63	4	55	2,93	0,73	0,87
25	45	40	80	63	5	42	2,6	0,7	0,85
26	65	5	20	2	1	43	2,62	0,7	0,85
27	60	2	30	0	2	46	2,71	0,71	0,84
28	70	0	15	2	3	39	2,52	0,69	0,77
29	70	2	25	8	4	47	2,85	0,74	0,83
30	45	1	35	18	5	46	3,07	0,8	0,9
31	65	45	12	2	1	37	2,44	0,67	0,83
32	65	30	35	0	2	42	2,62	0,7	0,82
33	65	35	40	18	3	48	2,9	0,75	0,88
34	70	40	35	8	4	45	3,19	0,84	0,93
35	30	20	45	18	5	46	3,21	0,84	0,94
36	70	10	20	0	1	39	2,65	0,72	0,83
37	65	15	50	0	2	44	2,79	0,74	0,85
38	40	20	30	0	3	46	3,01	0,79	0,9
39	65	7	18	1	4	49	2,89	0,74	0,84
40	65	20	30	0	5	45	2,81	0,74	0,84

Příloha č. 4: Měřené proměnné prostředí (obsah prvků v půdě) (LE = suma lehkých prvků – prvky s atomovým číslem menším než hořčík).

	LE%	Al%	Si%	Ca%	Fe%	P	S	Ti	V	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Rb	Sr	Y	Zr	Mo	Pb	Th	U
1	66,72	4,05	24,4	1,36	2,68	0	576	4967	120	81	1282	29	35	103	17	73	70	53	367	4	48	15	2
2	68,09	4,09	22,85	1,5	2,72	0	653	4583	132	54	1274	23	35	106	14	76	70	44	335	2	45	19	3
3	68,98	4,51	21,5	1,25	3,01	283	839	4541	141	63	884	26	35	116	17	83	69	43	348	0	55	16	0
4	71,42	3,88	17,31	3,68	2,79	937	1206	4154	162	66	1989	32	40	127	18	86	69	43	255	0	61	14	0
5	73,03	3,99	16,18	2,94	2,89	1438	1619	4215	117	66	1441	33	42	144	16	80	66	46	253	0	67	11	0
6	69,11	3,58	22,84	1,34	2,4	0	871	4428	114	66	1115	21	34	108	15	77	70	36	359	0	52	16	0
7	66,86	4,13	24,51	1	2,77	0	615	4744	123	61	970	20	35	108	17	80	71	43	365	2	53	18	0
8	70,86	3,89	19,09	2,55	2,78	527	1351	4207	116	40	1299	27	35	122	16	80	73	41	301	2	47	17	0
9	70,76	3,93	19,14	2,46	2,82	786	1323	4341	128	65	1516	30	40	123	16	83	67	47	282	0	59	17	0
10	75,89	3,53	13,62	3,08	2,88	1616	2295	3814	104	58	1443	32	46	186	19	72	61	51	201	2	91	16	2
11	72,65	3,97	17,51	2,37	2,74	304	1147	4124	132	54	1102	26	38	115	15	72	68	46	299	0	50	16	2
12	67,28	3,88	24,05	1,5	2,54	0	659	4774	119	49	1033	15	36	101	12	75	74	43	378	2	46	17	0
13	75,19	3,25	15,6	2,65	2,43	789	2263	3442	64	37	1605	21	32	122	13	73	63	40	250	3	46	21	0
14	73,37	3,84	16,32	2,8	2,72	1385	1797	3894	95	55	1568	27	42	155	14	80	61	46	209	0	71	15	0
15	73,76	4,09	15,24	2,96	2,88	2098	1946	4055	141	76	1660	31	51	181	19	75	63	59	185	0	89	11	2
16	70,09	4,34	19,64	2,36	2,83	73	1041	4121	145	60	1208	28	39	112	16	79	73	43	291	2	48	16	0
17	70,17	4,12	20,15	2,01	2,76	396	1056	4197	139	52	1335	29	39	114	14	75	70	48	315	0	53	15	0
18	69,86	4,11	20,62	1,91	2,77	157	940	4522	110	48	706	24	37	111	15	75	73	36	335	0	52	16	2
19	72,65	4,17	16,64	2,51	3,06	1265	1539	4238	139	79	1716	39	43	162	18	76	62	54	227	0	78	14	0
20	72,84	4,2	16,69	2,25	2,99	1645	1812	4216	147	75	1718	40	47	163	17	80	60	56	211	0	79	14	2
21	67,11	3,96	24,45	1,33	2,42	0	619	4548	153	46	1070	22	36	97	13	78	76	37	350	0	43	17	2
22	73,34	3,78	17,78	1,79	2,5	0	1238	4025	115	16	1946	21	40	120	12	80	74	39	305	2	49	19	3
23	70,48	4,03	19,63	2,18	2,71	586	1123	4295	182	51	2757	26	40	125	12	85	71	48	277	0	51	17	0
24	71,33	3,91	18,74	2,36	2,76	763	1488	4019	145	56	1781	33	41	139	15	80	67	42	266	0	57	18	0
25	73,86	3,95	15,78	2,43	2,94	1690	1995	4065	127	82	1633	36	42	153	17	73	59	58	221	0	69	16	2
26	68,77	3,84	20,08	3,54	2,57	62	1004	4174	145	39	1513	24	37	108	16	82	82	35	305	2	48	14	0
27	69,85	4,68	19,23	2,6	2,83	146	1055	4299	160	56	1578	27	39	108	17	87	79	39	324	2	54	16	0
28	69,97	4,08	20,25	2,11	2,76	328	1093	4401	123	53	1592	31	41	122	14	80	75	44	314	2	56	16	2
29	71,45	4,18	18,23	2,47	2,86	411	1298	3999	162	56	1398	33	41	125	15	83	72	42	294	0	54	17	2
30	70,85	4,52	18,44	2,1	3,11	763	1108	4290	161	78	2611	44	47	152	18	88	66	53	248	0	74	14	2
31	69,7	3,99	20,81	1,86	2,84	58	1041	4433	149	51	1409	29	38	110	16	77	68	50	329	0	48	13	0
32	68,78	3,68	23,31	1,04	2,45	0	752	4412	136	41	1276	18	33	106	15	77	70	38	352	0	50	18	2
33	69,81	4,33	20,15	1,87	3,07	138	854	4505	159	57	1167	30	38	114	16	80	69	49	326	0	51	15	4
34	69,84	4,49	19,69	2,13	3,03	411	1010	4547	157	59	1296	35	41	126	18	77	68	51	325	0	58	12	0
35	72,2	3,61	17,97	2,4	2,94	844	1393	4306	151	69	1264	36	43	133	19	81	64	47	275	0	58	13	0
36	67,45	3,63	24,76	1,12	2,34	0	559	4460	106	35	1099	14	34	98	13	80	79	32	369	0	48	19	0
37	66,7	3,91	25,01	1,3	2,38	0	465	4839	99	55	717	15	33	96	14	75	79	33	374	2	46	17	0
38	70,73	3,96	20,76	1,33	2,52	0	903	4027	107	41	1237	20	35	114	13	76	70	39	296	2	48	16	0
39	71,88	3,78	18,51	2,49	2,53	449	1411	3978	151	36	1333	23	40	116	14	73	70	39	288	0	49	15	0
40	73,24	3,6	17,18	2,69	2,53	359	1449	3617	102	37	1393	22	36	117	13	79	69	34	256	0	49	18	0