

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa

Odkaz způsobu hospodaření v minulosti ve vegetační skladbě současných porostů v mladých lesích ve středním Posázaví

Bakalářská práce

Autor: František Slanina

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

2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

František Slanina

Lesnictví

Lesnictví

Název práce

Odkaz způsobu hospodaření v minulosti ve vegetační skladbě současných porostů v mladých lesích ve středním Posázaví

Název anglicky

Past land-use legacies in the vegetation composition of established stands in the recent forests in the landscape section along the middle stretch of the Sázava River

Cíle práce

Hlavním cílem práce je porovnání současné druhové skladby vegetace mladých lesů, které vznikly zalesněním pozemků po opuštění jejich dlouhodobého tradičního využívání obvykle po polovině 20. století. Jak bylo prokázáno v četných studiích, historický vliv lidských aktivit na bezlesých pozemcích je po konverzi na lesní biotopy dobře detekovatelný v podobě tzv. vegetačního dědictví, které může přetrvávat až po stovky let. V této případové studii bude hodnocen přetrvávající odkaz v rostlinstvu dle dvou kontrastních a v historii relativně spolehlivě detekovatelných způsobů využití pozemků v oblasti středního Posázaví: orná půda a travinobylinný porost. Pracovní hypotézou je předpoklad nitrofilnější a relativně vlhkomilnější vegetace na někdejších polích a naopak spíše oligotrofnější a druhově bohatší vegetace vyvinutá na někdejších loukách, pastvinách či v sadech.

Metodika

Vybrané lokality se nacházejí v krajině středního Posázaví a budou vytipovány na základě vizuální reko-gnoskace hospodaření v minulosti na leteckých snímcích z roku 1953. Vybrány budou dvě skupiny pozemků: orná půda před zalesněním a travinobylinný porost před zalesněním (s využitím jako pastvina, louka nebo extenzivní sad). Celkem bude vybráno ca 35 pozemků s poměrným zastoupením obou kategorií využití. Na každém v současnosti zalesněném pozemku bude pořízen fytoocenologický snímek na čtvercové ploše o veli-kosti 10 x 10 m, tato plocha bude přitom umístěna v minimální vzdálenosti dvou stromových výšek od okraje lesa. Vizuální odhad druhových abundancí bude proveden dle sedmičlenné Braun-Blanquetovy stupnice. Fytoocenologická data budou uložena do databáze v programu TURBOVEG. Výsledné zápisy se budou kalib-rovat pomocí Ellenbergových indikačních hodnot v analytickém programu JUICE. Souhrnná analýza bude provedena pomocí mnohorozměrných statistických metod (analýza hlavních komponent PCA a přímá gra-dientová analýza) v programu Canoco 5, využita bude i jednoduchá analýza variance (ANOVA) v programu STATISTICA.

Doporučený rozsah práce

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

Klíčová slova

Vegetační dědictví, časová změna, historický vliv, způsob hospodaření, eutrofizace, biodiverzita, sukcese, Posázaví, opuštění hospodaření, edafické podmínky

Doporučené zdroje informací

- Bičík I. (1995): Analýza dat o využití půdy k hodnocení dlouhodobých změn krajiny. – *Geographia Slovaca* 10: 25–29.
- Dupouey, J.L., Dambrine E., Laffite J.D. & Moares C. (2002): Irreversible impact of past land use on forest soils and biodiversity. – *Ecology* 83: 2978–2984.
- Flinn M.K., Vellend M., Marks P.L. (2005): Environmental causes and consequences of forest clearance and agricultural abandonment in central New York, USA. – *Journal of Biogeography* 32: 439–452.
- Kopecký M. & Vojta J. (2009): Land use legacies in post-agricultural forests in the Doupovské Mountains, Czech Republic. – *Applied Vegetation Science* 12: 251–260.
- Lipský Z. (2000): Sledování změn v kulturní krajině: učební text pro cvičení z předmětu Krajinná ekologie. – Česká zemědělská univerzita, Praha, 71 p.
- Matoušek V. (2010): Čechy krásné, Čechy mé. Proměny krajiny Čech v době industriální. – Agentura Krigl, Praha, 396 p.
- Moravec J. et al. (1994): Fytocenologie. – Academia, Praha, 403 p.
- Sádlo J., Pokorný P., Hájek P., Dreslerová D. & Cílek V. (2008): Krajina a revoluce. – Malá Skála, Praha, 256 p.
- Van Eetvelde V. & Antrop M. (2004): Analyzing structural and functional changes of traditional landscapes – two examples from southern France. – *Landscape and Urban Planning* 67: 79–95.
- Vrška T. (2012): Forests – Introduction. – In: Jongepierová I., Pešout P., Jongepier J.W. & Prach K. (eds), *Ecological restoration in the Czech Republic*, p. 13–16, Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha.
-

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FLD

Vedoucí práce

Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 10. 6. 2019

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 05. 03. 2020

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Odkaz způsobu hospodaření v minulosti ve vegetační skladbě současných porostů v mladých lesích ve středním Posázaví vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Tomáše Černého, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze dne 19. dubna 2021

Podpis autora: František Slanina

Poděkování

Chtěl bych touto formou poděkovat především vedoucímu své práce, Mgr. Tomáši Černému, Ph.D. za trpělivé, ochotné, a přitom pevné vedení ve všech fázích vzniku této práce. Můj dík patří také mé manželce, která s pochopením stále znovu snášela nejrůznější situace, které práce na mé bakalářce přinášela.

Abstrakt

Studie prováděné ve Francii, USA i jinde ukázaly, že vegetace lesů rostoucích na bývalých zemědělských pozemcích v sobě nese stopy bývalého zemědělského obhospodařování. Tento vegetační odkaz může přetrvávat desítky i stovky let. Tato bakalářská práce se tímto jevem zabývá v rámci vybraného území v České republice. Tedy otázkou je, zda a do jaké míry přetrvává odkaz minulého využití půdy po několika desítkách let poté, co byla bývalá zemědělská půda zalesněna. Pro zodpovězení této otázky bylo vybráno 35 lokalit v oblasti Posázaví, vymezené zhruba Čerčany na západě a Kácovem na východě. Na každé lokalitě byl pořízen úplný fytocenologický snímek dle zásad curyšsko-montpelliérské školy. Kvantitativní odhad vlastností prostředí byl získán aplikací tabulkových ellenbergovských indikačních hodnot pro rostliny. Sebraná data byla analyzována s použitím mnohorozměrných ordinačních metod. Výsledky ukázaly, že odkaz minulého využití půdy skutečně existuje, v tom smyslu, že bývalá orná půda vykazuje vyšší vlhkost a větší obsah živin, zatímco bývalé louky a sady hostí světlomilnou a více kontinentálně laděnou vegetaci. Kromě toho byla na místě bývalých sadů největší druhová diverzita současné lesní vegetace. Nicméně statisticky nebyly tyto rozdíly příliš výrazné, s výjimkou značně vyšší diverzity v bývalých sadech. Bylo také zjištěno, že primárním faktorem, který ovlivňuje druhové složení synuzie bylin, je charakter stromového patra, zatímco minulé využití plochy hraje sekundární roli. Stopy minulého využití tedy existují, jsou však do značné míry zastíněny tím, jaké stromy v současné době rostou na daném místě. Výsledky této práce jsou v souladu s podobnými studiemi provedenými dříve v Doupovských horách.

Klíčová slova: minulé využití půdy; mladé lesy; fytocenologické snímkování; vegetační dědictví; ordinační analýzy

Abstract

Investigations carried out in France and in the USA showed that forest vegetation growing on former agricultural land preserves traces of previous agricultural cultivation. Such vegetation legacy can last from decades to centuries. This thesis seeks for this effect within a selected area in the Czech Republic. The main question stands, whether and how much the former land use legacy persists several decades after the former agricultural land was forested. To this end, 35 sites were selected in the region along the course of the Sázava River, delimited roughly by Čerčany Town at the west and Kácov Town at the east. At each site, full phytosociological relevé was taken, according to the principles of Zürich-Montpellier school. Collected data were analyzed by multidimensional ordination methods. It was found that the legacy of former land use does exist in the sense that former arable fields exhibit larger humidity and larger nutrient content, while former meadows and former orchards bear heliophilous and more continentally inclined vegetation. Moreover, the species diversity of forest vegetation at former orchards was the highest among all. However, quantitatively this legacy was not very pronounced, except the significantly higher diversity in orchards. It was also found that the primary factor influencing the herb species composition was the character of the tree layer, while the land use legacy plays a secondary role. Therefore, there are traces of former land use in the species composition, but these traces are largely overshadowed by the type of trees growing at that site. These results agree with similar studies carried out in the Doupovské hory mountain range.

Keywords: former land use; recent forests; phytosociological relevés; vegetation legacies; ordination methods

Obsah

Seznam obrázků	6
Seznam tabulek.....	6
1 Úvod	7
2 Cíle práce.....	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Les a bezlesí	10
3.2 Postagrární lesy u nás a ve světě	13
4 Metodika.....	19
4.1 Charakteristika zkoumaného území	19
4.2 Vyhledání lokalit.....	26
4.3 Fytocenologické snímkování	29
4.4 Ekologické parametry lokalit	32
4.5 Statistická analýza dat	33
5 Výsledky.....	37
5.1 Souhrnné statistiky	37
5.2 Nepřímá gradientová analýza.....	41
5.3 Přímá gradientová analýza	45
6 Diskuse	52
7 Závěr.....	58
Citovaná literatura	60
Přílohy	64

Seznam obrázků

Obrázek 1	Historický a současný letecký snímek	27
Obrázek 2	Mapa zájmové oblasti.	28
Obrázek 3	Vytyčení zkusné plochy.	29
Obrázek 4	Počty zkusných ploch ve skupinách.....	37
Obrázek 5	Ellenbergovské parametry I.	39
Obrázek 6	Ellenbergovské parametry II.....	40
Obrázek 7	Zipfův graf.	41
Obrázek 8	Nepřímá gradientová analýza: skóre.....	42
Obrázek 9	Nepřímá gradientová analýza: dodatkové proměnné.....	43
Obrázek 10	Prokládání Gaussovy křivky.....	44
Obrázek 11	Ekologická odezva pro byliny.....	44
Obrázek 12	Ekologická odezva pro semenáčky.....	44
Obrázek 13	Přímá gradientová analýza I: skóre.....	46
Obrázek 14	Přímá gradientová analýza I: dodatkové proměnné.....	47
Obrázek 15	Přímá gradientová analýza I: diverzita.	48
Obrázek 16	Přímá gradientová analýza II: skóre.	49
Obrázek 17	Přímá gradientová analýza II: dodatkové proměnné.	50
Obrázek 18	Přímá gradientová analýza II: diverzita.....	50
Obrázek 19	Histogram pro permutační test.....	51
Obrázek 20	Celkový charakter porostu.	52

Seznam tabulek

Tabulka 1	Zkusné plochy a jejich základní charakteristiky.	30
Tabulka 2	Braun-Blanquetova stupnice.	31

1 Úvod

Tato práce je součástí širšího badatelského úsilí, pro které se vžilo klíčové slovo „paměť krajiny“. Je přirozené, že krajina, kterou můžeme chápat jako živý organismus, má paměť, a to v tom smyslu, že její aktuální stav není deterministicky určen souborem okamžitých vnějších podmínek, ale mnohem víc tím, co se v rámci daného krajinného celku odehrávalo v minulosti. Samotný pojem paměti je ale kvantitativně mnohoznačný. Různé rysy a různé součásti krajiny se mohou drasticky lišit časovou škálou, v níž se paměť postupně smazává. Příkladně, teplota kamenů čundráckého ohniště bude za půl dne totožná s okolím. Ohryzek jablka zapomenutý u téhož ohniště bude za měsíc pryč. Plechovka od paštiky zmizí řekněme za osmdesát let. Ale pokud se nestane nic dalšího neobvyklého, ještě po deseti tisících letech bude možné na tom místě nalézt úlomky dřevěného uhlí. Ptáme-li se tedy po paměti krajiny, musíme si ujasnit, které prvky krajiny máme na mysli a jak dlouhou paměť očekáváme.

Samotný pojem krajiny také vyžaduje mírné ujasnění. Většinou se shodneme v tom, že když mluvíme o krajině, týká se to nějaké části zemského povrchu. Neshodujeme se v tom, čeho všeho si na tomto povrchu všímáme a jak to popisujeme. Pojem krajiny tedy spíše vypovídá o metodickém přístupu ke skutečnosti než o skutečnosti samé. Není produktivní snažit se podat definici „co je krajina a co není krajina“, ale spíš se ptáme jak popisovat část zemského povrchu, aby nám z toho vyšel popis krajiny. Z toho je zřejmé, že pojem „krajiny“ je do značné míry subjektivní, což je výhodou v tom, že poskytuje nemalou metodickou volnost. Pro účely této práce bude krajina místem, kde se setkávají pohledy různých přírodních i společenských věd na totéž místo na zemském povrchu. V této práci bude oním místem na zemském povrchu úsek středního Posázaví, pás podél obou břehů řeky Sázavy vymezený Čerčany na západě a Kácovem na východě. Na tento výsek středních Čech se budeme dívat „shora“ v horizontální projekci pomocí srovnání historických (1954) a současných (2018) leteckých fotografií. Tím je dáno časové rozpětí, v němž budeme paměť krajiny zkoumat: je to něco přes půl století. Při pohledu „zdola“ se budeme dívat na vegetační skladbu vybraných 35 lokalit v této vymezené oblasti prostřednictvím fytoocenologických snímků. Tyto snímky nám poskytnou nepřímou informaci o chemismu půdy a dalších stanovištních podmínkách a přímou informaci o rostlinné biodiverzitě každé lokality. Tyto informace dáme do souvislosti s historií dané

lokality, jak je detekovatelná na leteckých snímcích. Konkrétně, soustředíme se na lokality, které byly v roce 1954 zemědělskou půdou a v současnosti jsou zalesněné. Zemědělskou půdu klasifikujeme do tří skupin podle typu využití (*land use*) jako ornou půdu, travnaté biotopy (louky a pastviny) a sady. Otázka, kterou si klademe, zní: Odráží se ve skladbě fytoocenóz dnešních lesů rostoucích na místě bývalé zemědělské půdy fakt, ke kterému typu využití lokalita dříve patřila? Pokud ano, v kterých parametrech tuto závislost lze vysledovat?

2 Cíle práce

Cílem předkládané práce je identifikovat v zájmovém území, což je úsek Posázaví přibližně mezi Čerčany a Kácovem, bývalou zemědělskou půdu zalesněnou po roce 1954 a následně v těchto mladých lesích zkoumat existenci či neexistenci vegetačního dědictví. Konkrétně jde o to zjistit, zda způsob předchozího zemědělského obhospodařování má ještě dnes rozpoznatelný vliv na složení vegetace na zalesněných plochách. Způsoby obhospodařování se člení na tři skupiny, totiž bývalá pole, louky a sady.

Toto zkoumání budu provádět metodou fytocenologického snímkování na vytyčených zkusných plochách a získaná data budu zpracovávat standardními metodami mnohorozměrné analýzy. Výstup z těchto analýz má sloužit hlavnímu cíli práce, totiž identifikaci rozdílů mezi současnou vegetací na bývalých polích, loukách a sadech.

Pracovní hypotézy, kterou budu tímto postupem ověřovat, jsou tyto:

- a) vegetační dědictví zde existuje, je tedy v současné vegetaci možné identifikovat stopy minulého zemědělského využití;
- b) bývalá pole odpovídají vegetaci eutrofnější a vlhkomilnější;
- c) bývalé louky a sady odpovídají vegetaci oligotrofnější a zároveň druhově bohatší.

3 Literární rešerše

3.1 Les a bezlesí

Jednoduchá představa, že člověk od doby neolitické revoluce dobýval půdu ke své obživě tak, že mýtil a ždářil panenský prales, je z dnešního pohledu vědecky neudržitelná. Nikdy neexistovalo striktní rozdělení na bezlesou zemědělskou půdu a neporušený les vůkol (Sádlo, et al., 2005; Matoušek, 2010). Člověk především již před vznikem zemědělství, tedy v mezolitu, silně ovlivňoval prostředí, v němž žil, ať už to byl les, step nebo mozaika různých typů vegetace. Člověk ovlivňoval migrační trasy velkých stád kopytníků, což zase mělo vliv na přirozenou obnovu dřevin kopytníky okusovaných. Už v mezolitu člověk systematicky „sklízal“ rostlinné produkty, určitě například kotvici (*Trapa natans*), a možná i další, jako hrachor hlíznatý (*Lathytus tuberosus*) nebo opletník (*Calystegia sepium*) (Sádlo, et al., 2005). První pole a pastviny v našich krajích nevznikaly na uměle vytvořených pasekách, ale na přirozeně bezlesých enklávách, ať už jejich původ byl jakýkoli (můžeme spekulovat o lokálním mikroklimatu, vlivu geologického podloží, o reliktním bezlesí pocházejícím z ledových dob a udržovaném výše zmíněnými kopytníky, atd.). Současně s tím ale les obklopující zemědělské osady nebyl ani zdaleka panenský. Sloužil jako zásobárna jedné z nejcennějších surovin, totiž dřeva. Ze dřeva bylo vyráběno téměř vše až do středověku (Le Goff, 1991) a v evropských poměrech na sever od Alp záviselo přežití zimy na zásobě palivového dříví. Kromě toho byly zejména dubové lesy zdrojem pastvy prasat i skotu. Zimní ustájení hospodářských zvířat vyžadovalo nahromadit zásobu letniny, letorostů každoročně osekávaných ze stromů, a to i v široké lesní oblasti kolem sídel. Stejnou praxi můžeme dodnes pozorovat např. v Íránu (Sádlo, et al., 2005).

Ačkoli však protiklad lesa a kultivované půdy nebyl tak ostrý, jak se dříve věřilo, lesy, a to i lesy zcela člověkem nedotčené, tvořily většinu našeho dnešního území až do doby středověké kolonizace. Postupné, ale masivní odlesnění bylo největší změnou zemského povrchu, kterou člověk v dosavadních dějinách vykonal (McLauchlan, 2006). Tento proces byl samozřejmě celoplanetární a v oblastech starých civilizací proběhl o stovky, ba tisíce let dříve než u nás. I v oblastech, které kdysi patřily k periférii Římské říše, jako je třeba Británie, zůstala již kolem roku 1100 z původních lesů sotva sedmina

(Anonymus, 2013). Odlesňování našeho území ve středověku vyvolalo naproti tomu tlak na ochranu lesa. Už v dokumentu *Majestas Carolina* císaře Karla IV. jsou pasáže věnované ochraně lesa, tento zákoník však jak známo nikdy nevstoupil v platnost. Nejstarším skutečně účinným lesním právem byl Chebský lesní řád z roku 1379 (Špulák & Kacálek, 2011), který se snažil zamezit bezohlednému ničení lesů. Pohroma, kterou vyvolala husitská revoluce, naopak našim lesům prospěla. Kolonizace panenských lesů, která ještě za Karla IV. probíhala velmi intenzivně, se zastavila. Počet obyvatel poklesl, řada obcí zpustla. Les se vracel zpět na dříve vykloučené plochy (Nožička, 1957). Celkový rozkvět, který zažila naše země v době předbělohorské, se vyznačuje také prvními systematickými pokusy o zakládání lesů v místech trpících nedostatkem dřeva (Špulák & Kacálek, 2011). Následující katastrofa třicetileté války pak opět vedla ke spontánnímu sukcesnímu vývoji ve vylidněných oblastech. Druhá polovina 18. století pak přináší první pokusy postavit zalesňování a lesnictví vůbec na racionální základ. Do té doby spadá tereziánský dvorský dekret z roku 1753, který poprvé stanovoval povinnost zalesňování vykácených ploch. Péče o obnovu lesa už nikdy nebyla ponechána libovůli vlastníka, jelikož lesy jako takové byly vnímány jako obecně významný prvek. Legislativní vývoj pak vedl až k celorakouskému lesnímu zákonu 250/1852, který reguloval obnovu lesa a zalesňování v našich zemích až do roku 1960 (Špulák & Kacálek, 2011). Tato systematická péče habsburské monarchie o lesy vedla k stálému nárůstu jejich výměry. Zatímco podle josefinského katastru (1785-1789) bylo na našem území 1 974 060 ha lesní půdy, stabilní katastr (1824-1843) uvádí již 2 223 808 ha a v roce 1910 bylo zaznamenáno 2 350 990 ha. Tento trend pokračoval v menší míře i v době první republiky. Velkou změnu přinesl teprve vývoj po druhé světové válce. Vysídlení drtivé většiny německého obyvatelstva vedlo k opuštění řady sídel a k nim náležející zemědělské půdy. Navíc šlo spíše o oblasti méně úrodné, bylo proto rozhodnuto nemalou část této roku 1945 konfiskované půdy zalesnit. Jak uvádějí Špulák a Kacálek (Špulák & Kacálek, 2011), vlivem nekompetentnosti aktérů byla však tato zalesňovací akce dosti neúspěšná. V padesátých letech se ovšem odehrála jiná zásadní změna v naší společnosti, mající vliv na obraz krajiny, a tou byla masivní a dalo by se říci blesková kolektivizace zemědělství. Když tuto dobu pozorujeme historickým dalekohledem ze současnosti, vnímáme ji jako podivnou směs směšnosti a brutality (Hájek, 2008). Nicméně je užitečné si uvědomit, že historický pohyb, který u nás nabyl podoby faktického zabavení téměř veškeré půdy jejím dosavadním vlastníkům, probíhal v různých formách v celé Evropě i Severní Americe. Scelování půdy bylo přirozeným důsledkem pronikání mechanizace, chemizace a

vědeckých poznatků do zemědělství už na konci 19. a v první půlce 20. století (Matoušek, 2010). Pozemková reforma u nás tento trend ve 20. letech poněkud obrátila a zemědělství začalo být opět rozdrobenější, dlouhodobý trend však i tak nutně preferoval hospodaření průmyslovými postupy na velkých plochách.

Pro lesnictví to má ten zásadní důsledek, že v krajině byla najednou řada ploch, které se svým charakterem vzpíraly této industrializaci agrikultury a v důsledku toho „vypadly ze systému“. Dnes užíváme pojem „vyloučené lokality“ a i když tyto dvě věci spolu zdánlivě nesouvisí, jsou příznakem téhož: nějaké místo, věc, člověk, zvíře, rostlina se ocitne mimo dominantní systém, tak jak je právě teď nastaven. Aby se „nesystémové“ lokality do systému opět navrátily, byl v letech 1955-1959 vypracován „Generální plán zvelebení“, který odstartoval systematické zalesňování takových ploch, zprvu ovšem zejména rychle rostoucími dřevinami, např. topoly (Špulák & Kacálek, 2011). Celkově do roku 1981 vzrostla celková výměra lesů u nás na 2 624 000 ha. Pro moji práci je důležité, že výběr ploch k zalesnění byl určen přísnými pravidly. Především bylo nutné prokázat, že jde opravdu o „nesystémovou“ půdu, tedy půdu nevhodnou k intenzivnímu zemědělství. Proto jsou explicitně jmenovány tyto typy pozemků: extrémně svažité, ohrožené erozí, pozemky kamenité, s nepatrnou hloubkou ornice, nepřístupné mechanizaci, nebo naopak zamokřené a neschopné odvodnění (Špulák & Kacálek, 2011). Tento aspekt je třeba zdůraznit, protože z něho vyplývá, že lokality, které v této práci budu zkoumat, nepředstavují zalesnění typické zemědělské půdy, ale naopak lokality, kde zemědělská půda již vybočovala z normálu a to směrem k velmi nízké úrodnosti.

Zatímco dříve byl růst plochy lesů hnán především ekonomickými důvody, dnes k tomu přibývají i důvody ochrany přírody. Vzniká tím však složitá situace, která má svůj původ v složitých ekologických vztazích v různým způsobem obhospodařovaných lesích. Na jednu stranu se zdá žádoucí, aby vzrůstala plocha lesů, na druhou stranu tím mizí jedinečné biotopy stepního charakteru, které byly dlouhodobě udržovány pastvou, a návratem lesa jsou vytlačeny. Proto se návratu a rekonstrukci lesů u nás věnuje značná pozornost, viz např. práce Vršky a Čížka (Vrška, 2012; Čížek, 2012). Rehabilitují se v nich dlouho zavrhané způsoby managementu a zdůrazňuje se například pozitivní role lesní pastvy nebo výmladkového hospodaření v lesích. Tím se vracíme k motivu zmíněnému v samotném začátku: není ostrá hranice mezi lesem a bezlesem, ale existuje celá škála různých lesních biotopů, podle toho, jaké mají tyto biotopy skladební a strukturní charakteristiky a jak po této stránce vypadají přechodné biotopy (tedy lesní lemy a pláště).

3.2 Postagrární lesy u nás a ve světě

Od doby neolitu plocha zaujímaná lesem klesala ve prospěch půdy zemědělské. Ačkoli v planetárním měřítku tento trend pokračuje, jsme v posledních dvou staletích svědky návratu lesa do dříve obdělávaných oblastí, a to na mnoha místech světa. Práce (McLauchlan, 2006) podává přehled, co je o tomto jevu známo. Z globálního hlediska ukazuje, že opouštění zemědělské půdy se týká rozsáhlých oblastí zejména na východě USA, dále pak severozápadní Evropy a Velké Británie, ale také Ukrajiny a rozsáhlých oblastí Číny a Brazílie. Z lesnického hlediska je důležité vědět, zda a jak se lesy opětovně vzniklé na dříve zemědělské půdě, tedy takzvané postagrární lesy (Zajíčková, 2011), liší od lesů, které na daném místě existovaly kontinuálně, tedy takzvaných primárních lesů. Přitom máme na paměti, že primární lesy, ačkoli se vyznačují kontinuitou zalesnění, mohly být, a v evropských podmínkách pravidelně jsou, silně ovlivněny člověkem, a to jak co do druhové skladby, tak co do struktury porostu. Tedy primárními lesy se nemyslí lesy panenské, nýbrž ty lokality, kde se nikdy nehospodařilo zemědělsky, ale vždy jen lesnicky (pokud vůbec). Naproti tomu postagrárními lesy rozumíme ty lesní porosty, kde kontinuita byla porušena obdobím zemědělského hospodaření, i když v současnosti tyto lesy mohou na první pohled působit jako zcela přirozené. Rozdíl mezi primárními a postagrárními lesy tedy nemusí být vůbec zjevný a právě proto je nutná hloubková studie, která by rozdíl mezi těmito lesy odhalila.

V přehledu (McLauchlan, 2006) se uvádí několik mechanismů, kterými minulé zemědělství ovlivňuje lokalitu. Je zajímavé, že místo od místa tyto mechanismy mohou být jiné, nebo dokonce protichůdné. Stručně je nyní uvedme.

Především obdělávání půdy podstatně mění její strukturu tím, že promíchává půdní horizonty, půdu provzdušňuje a tím napomáhá mineralizaci organických složek půdy. Tedy už jen tento mechanický vliv mění v důsledku chemismus půdy. Ještě podstatnější je vliv odnosu velké části biomasy při sklizni. Dlouhodobé zavlažování vede k zasolení půdy, odvodňování naopak vystavuje půdy oxidaci. Dlouhodoběji udržitelných sklizní bylo možné dosáhnout pouze díky hnojení, a to buď organickými, nebo anorganickými hnojivy. Tyto dva způsoby hnojení mají na chemismus půdy zcela odlišný vliv, záleží tedy na tom, který v minulosti převažoval. Kombinace všech těchto faktorů mohla pak vést k dosti odlišným změnám půdního prostředí způsobeným zemědělstvím. Změny je

nejsnazší kvantifikovat obsahem půdního organického uhlíku, dusíku a fosforu, poměrem obsahu C/N a rychlostí mineralizace půdního N. Tam, kde převažoval čistě extenzivní přístup a vyčerpaná půda byla opouštěna a klučila se nová lesní půda, tam zemědělství jednoznačně vede k úbytku všech půdních živin, a to zejména N a P. V místech, kde se hnojilo převážně anorganickými hnojivy (tedy dříve zejména popelem), je zaznamenán zvýšený obsah P. Tam, kde hnojivem byla převážně chlévská mrva, projevilo se to na zvýšení půdního N. Zvýšený obsah P vykazují archeologické lokality předkolumbovských civilizací v Peru, stejně jako osídlení z doby Římské říše ve střední Francii. Zvýšený obsah N nalzáme například na bývalých polích v Massachusetts. Naproti tomu značný úbytek N vlivem zemědělství je zaznamenán z prérií Oklahomy, v savanách Nigérie a travnatých stepích jižní Afriky. Organický C může být podobným způsobem v půdě buď ochuzen, jak je tomu například na předkolumbovských lokalitách v Mexiku, které byly naposled obdělávány před 1000 lety, nebo naproti tomu obohacen, jako na Velkých pláních v USA nebo lokalitách v brazilské Amazonii, které indiánské civilizace obdělávaly technikou hnojení dřevěným uhlím. Jak tedy ukazuje práce McLauchlana (McLauchlan, 2006), záleží silně na konkrétní lokalitě, jak se vliv bývalého zemědělství projeví. Podívejme se nyní na několik konkrétních míst, kde můžeme načerpat inspiraci pro naši vlastní práci.

Ve střední Francii existují lokality, které byly osídleny a intenzivně obhospodařovány až do pádu Římské říše, ale poté byly natrvalo opuštěny a zarostly lesem (Koerner, et al., 1997; Dupouey, et al., 2002; Dambrine, et al., 2007). Ovlivnění zemědělstvím bylo zkoumáno jednak nepřímo pomocí fytoecologických snímků a ellenbergovských parametrů bylinného patra, jednak přímo, chemickou analýzou půdy. Byla jednoznačně prokázána korelace mezi intenzitou využití půdy a nynějším obsahem půdního P. Zároveň byl zaznamenán značně vyšší ellenbergovský ukazatel živin, stejně tak jako vyšší druhová bohatost na kultivovaných polohách, oproti nikdy nekultivovaným. Rozdíly ve způsobu užití kultivovaných ploch (rozlišovaly se pastviny, pole a zahrady) však nebyly dostatečně zřetelné, aby bylo možné udělat jednoznačný závěr. Jedinou výjimkou byl ukazatel druhové bohatosti, který byl v bývalých zahradách významně vyšší než jinde (Koerner, et al., 1997).

Tyto studie prokázaly, že vliv zemědělství může přetrvávat i po tisíciletích. V mnohem kratších dějinných měřítkách se pohybují studie provedené na východě USA, ve státě Massachusetts (Motzkin, et al., 1996; Compton, et al., 1998; Compton & Boone, 2000) a ve státě New York (Flinn, et al., 2005). Počátek evropské kolonizace zkoumaných

lokalit spadá do první poloviny 18. století. Odlesňování a kultivace půdy probíhala velmi rychlým tempem, kolem roku 1800 zbývalo ještě 50 % lesů, kdežto kolem roku 1840, kdy odlesnění dosáhlo vrcholu, to bylo už jen 15% lesů (Compton & Boone, 2000). Dovolím si citovat E. Thompsona Setona, který v „Dvou divoších“ shrnul třicet let budování osady Sanger (v reálném světě je to osada Lindsay) kolem poloviny 19. století takto (Thompson Seton, 1971): „Uznávaná období vývoje jsou nejprve pionýrské čili lovecké, kdy jsou jen nekonečné hvozdy se spoustou vysoké zvěře; pak údobí zálesácké, kdy se objevují malé mýtiny, pak osadnické, kdy je přibližně stejně lesů jako mýtin a kdy mizí vysoká zvěř; nakonec vzniká zemědělský okres, kde už zůstávají jen zbytky lesů.“ Zbývalo už jen doplnit, že nakonec byla zřízena železnice: v Setonově dětství se již do Lindsay jezdilo vlakem. Čtyři fáze (a pátou nejmenovanou), které Seton popisuje, můžeme klidně nazvat středoevropskými termíny mezolit, neolit, doba železná a epocha po velké středověké kolonizaci, která nakonec vyústila do průmyslové revoluce. Východ severní Ameriky zopakoval tři tisíce let evropské historie a prehistorie během jednoho století. Seton vnímá tento zrychlený film historie skrz dynamiku lesů a lesní zvěře. Nicméně právě v polovině 19. století se trend začíná obracet. Obyvatelstvo východu USA se stěhuje do měst, hladových po pracovní síle, případně na mnohem výnosnější zemědělskou půdu zcizenou indiánským národům Středozápadu. Les se začíná vracet (Compton & Boone, 2000). Otázka zní, zda se necelé století trvající epizoda intenzivního zemědělství projeví na vlastnostech postagrárních lesů.

V práci (Compton, et al., 1998) autoři zjišťují, že primární a postagrární lesy se zásadně odlišují dřevinnou skladbou. Je to tím, že návrat lesa se odehrával přirozenou sukcesí a v postagrárních lesích stále převažují pionýrské dřeviny jako osika a borovice, kdežto primární lesy jsou dubové. Rozdíly v chemismu půdy mezi primárními a postagrárními lesy nebyly statisticky významné, přesněji řečeno byly menší než rozdíly mezi listnatými (osika) a jehličnatými (borovice) stanovišti v rámci téže skupiny postagrárních lesů. Malý vliv sto let trvajícího zemědělství na chemismus půdy byl potvrzen i v článku (Mozkin, et al., 1996), nicméně v této práci se zkoumalo i druhové složení bylinného patra a tam byly rozdíly mezi primárními a postagrárními lesy velmi výrazné. Z toho plyne, že vliv minulého zemědělství na vegetaci se zde projevuje nikoli prostřednictvím dlouhodobých změn půdy, ale dynamikou šíření jednotlivých druhů. V práci (Compton & Boone, 2000) se kromě rozlišení na primární a postagrární lesy vylišují ještě lesy listnaté a jehličnaté a u zemědělské půdy pole a pastviny. Zkoumá se chemické složení půdy a výsledek je, že bývalá pole mají vyšší obsah dusíku, ale jen tam,

kde se dnes nacházejí listnaté lesy. V jehličnatých lesích jsou všechny rozdíly smazány. Důvodem je asi větší agresivita opadaného jehličí oproti opadu z listnatých stromů. Rozdíl mezi bývalými pastvinami a primárními lesy se v chemismu půdy neprojevil nikde.

V práci (Flinn, et al., 2005) si autoři všímají, že diverzita bylinného patra je nižší v postagrárních lesích a kladou si otázku, zda je to dědictví minulého zemědělství nebo už samotná volba lokalit k obdělávání měla rozhodující vliv. Dospívají k závěru, že je to spíše ta druhá možnost, totiž že lesy zůstávaly nedotknuté na nevýhodných lokalitách. Tento faktor považují autoři za primární, ačkoli na bývalé zemědělské půdě nacházejí mírně zvýšený obsah živin a zvýšené pH.

Podobné studie se prováděly také v Dánsku (Aude & Lawesson, 1998; Svenning, et al., 2009) s tím výsledkem, že druhové složení bylinného patra v primárních a postagrárních lesích se značně liší, ale tento rozdíl je patrně zprostředkován rozdílným složením a strukturou stromového patra. V pracích (Honnay, et al., 1999) a (Kenderes & Standovár, 2003) provedených ve Vlámku a v Maďarsku se detailně zkoumá schopnost šíření u jednotlivých druhů bylinného patra s jednoznačným závěrem, že vlastnosti semen a jejich rozšiřování jsou hlavním faktorem rozdílu mezi primárními a postagrárními lesy. Ve Francii má opětné zalesňování zemědělské půdy podobný charakter jako u nás (Van Eetvelde & Antrop, 2004). Když se srovnávaly spontánně zalesněné lokality rozdělené na kategorie orná půda – vřesoviště – pastviny (Prévosto, et al., 2004), zjistilo se, že primárním faktorem ovlivňujícím bylinnou vegetaci je povaha stromového patra, totiž zda je tvořeno převážně břízou nebo převážně borovicí. Vliv bývalého hospodaření je druhotný, přesto však měřitelný v tom smyslu, že bývalá orná půda je častěji osídlena druhy náročnějšími na živiny dle ellenbergovské stupnice. Zajímavé je, že je to v rozporu s přímým měřením chemismu půdy, kde se nenašel významnější rozdíl v obsahu N, a P byl dokonce nižší na bývalé orné půdě než jinde. Souhlasí to ale s rychlostí mineralizace N, která byla u bývalé orné půdy podstatně vyšší. Z toho lze učinit závěr, že rozdíly způsobené bývalým využitím půdy se mohou skrývat v detailech, které nemusí být na první pohled zřejmé.

Doplňme ještě, že v Německu, v přímořských rovinách mezi Hamburkem a Brémami, byl proveden detailní výzkum primárních a postagrárních lesů na úrovni výskytových map jednotlivých bylinných druhů (Wulf & Kelm, 1994), ve snaze vylíšit indikační druhy primárních lesů. Zajímavým vedlejším výsledkem bylo, že v primárních

lesích je vyšší druhová bohatost i takových druhů bylin, které nejsou pro primární lesy vyloženě typické.

Nejvíce nás ovšem zajímá situace v České republice. Dlouhodobé změny krajiny jsou studovány kvalitativně i kvantitativně (Lipský, 2000; Bičík, 2004; Štych, 2007). V našich zemích narůstala výměra zemědělské půdy až do osmdesátých let 19. století. Od té doby zemědělské půdy ubývá, a i když na tom má největší podíl zábor půdy pro stavby, vzrůst rozlohy našich lesů, jak jsme o tom mluvili již dříve, je také významný. V případové studii Štycha (Štych, 2010) provedené na katastru Zvírotic na Příbramsku – s podobnými přírodními podmínkami jako naše zájmová oblast – bylo zjištěno, že mezi lety 1839 a 2001 se výměra lesů téměř zdvojnásobila, z 52 ha na 85 ha, a to zejména konverzí z trvalých travních porostů (24 ha), méně pak z orné půdy (15 ha). Mnohem méně konverzí šlo opačným směrem, například jen 6 ha lesů bylo proměněno na ornou půdu.

Konkrétní studie postagrárních lesů se prováděly také v Doupovských horách. Toto území bylo až do roku 1953 běžnou zemědělsky obhospodařovanou krajinou s obvyklou mozaikou zastavěných, zemědělských a lesních ploch. Poté bylo obyvatelstvo vystěhováno a z území se stal vojenský prostor. To mělo za následek přirozenou sukcesí na dříve zemědělské půdě a vznik křovinné i lesní vegetace (Zajíčková, 2011). Území takto opuštěných vesnic bylo zkoumáno prostřednictvím fytoocenologických snímků i chemického rozboru půdy (Vojta & Kopecký, 2006; Vojta, 2007; Kopecký & Vojta, 2009). Jasně se prokázal rozdíl mezi primárními a postagrárními lesy v této oblasti, a to jednak v přítomnosti konkrétních druhů, jednak v hodnotě ellenbergovských indikačních ukazatelů. Bylo zjištěno, že bylinná vegetace primárních lesů odpovídá nižšímu pH, nižšímu obsahu živin a nižším nárokům na světlo. Obsah půdního P byl podstatně vyšší v centru zastavěného území než na jeho periferii. Pokud se však omezíme na skupinu snímků z postagrárních lesů, pak rozdíly mezi jednotlivými typy předchozího zemědělského využití (louka, pastvina, pole, zahrada) nebyly v ellenbergovských ukazatelích statisticky významné, ačkoli v samotném druhovém složení rozdílů pozorovatelné byly.

Lesy v okolí Kerska na chudých lokalitách vátých písků v Polabí poskytly materiál pro studii opuštěné středověké vesnice, která byla obydlena jen po velmi krátkou dobu na konci 14. století (Hejzman, et al., 2013). Ačkoli lokalita byla po pouhých 60 letech osídlení natrvalo opuštěna a zarostla lesem, byly zjištěny značné rozdíly v chemickém složení půdy i v bylinné vegetaci. Na místech bývalých stavení bylo naměřeno podstatně

vyšší pH a koncentrace nejen organického C, ale i Ca, stopových prvků (Mg, Zn, Cu) a těžkých kovů (Cd, As). Vyšší koncentrace půdního P byla naopak nalezena v místech bývalých dvorků. Druhová bohatost byla na místě bývalých budov několikanásobně vyšší, s indikační bylinou *Anemone ranunculoides* zřetelnou zejména v jarním aspektu. Tato studie ovšem nesledovala půdu zemědělsky užívanou, ale půdu přímo obydlenu. Dospívá nicméně k prakticky stejnému závěru jako studie římských osad ve Francii (Dupouey, et al., 2002; Dambrine, et al., 2007), totiž že osídlení mění lokální ekologické poměry na stovky let.

Naproti tomu studie zaniklých středověkých vesnic na Plzeňsku (Nová & Karlík, 2010) sice ukázala statisticky významné rozdíly v bylinném složení bývalého intravilánu a extravilánu, nicméně nepodařilo se tyto rozdíly jednoznačně přiřadit konkrétním ellenbergovským charakteristikám. Jasná je však identifikace barvínku menšího (*Vinca minor*) jako druhu charakteristického pro intravilán.

4 Metodika

4.1 Charakteristika zkoumaného území

Geografie a klima

Zkoumané území se nachází podél obou břehů řeky Sázavy mezi obcemi Čerčany a Kácov. Vyjádřeno zeměpisnými souřadnicemi, nacházíme se mezi 49°56'53" a 49°46'12" severní šířky a mezi 14°41'40" a 15°5'10" východní délky. Reliéf je v podstatě všude stejnoměrně kopcovitý a tvoří jakousi náhorní planinu, do níž je ostře zahlouben kaňon řeky Sázavy, tvořený často prudkými skalnatými svahy nebo přímo skalami. Od kaňonu Sázavy vybíhají krátká a stejně tak ostře zaříznutá údolí sázavských přítoků. Jsou to většinou nevydatné potoky, jediný podstatnější přítok Sázavy je v naší oblasti Blanice. Tato dvojakost reliéfu, totiž zvlněná pahorkatina v kombinaci se strmými skalisky kaňonu se pak projevuje v různorodosti vegetace, jak o tom pojednáme později. Nejnížší polohou ve zkoumané oblasti je hladina řeky u Čerčan, 265 m n. m., a nejvyšší je vrchol kopce Pecný u Ondřejova, 545 m n. m. Nejčastější jsou lokality ve výškách 350-450 m n. m.

Pokud jde o klima oblasti, pak nejbližší klimatická stanice, odkud máme dostupná data (ÚHÚL, 2001) je Benešov, v nadmořské výšce 367 m n. m. Průměrná roční teplota je tam 7,8 °C, průměrný roční úhrn srážek 617 mm, z toho ve vegetačním období (duben až září) je to 397 mm. Vegetační období trvá průměrně 156 dnů. Ze sedmdesátých let minulého století máme údaje o klimatu v Sázavě-Černých Budách (Jaroš, 1980). Průměrná roční teplota je udávána 7 až 8 °C, v lednu -1 až -2 °C, v červenci 17 až 18 °C. Průměrné roční srážky jsou 613 mm, z toho v dubnu až září 376 mm.

Geologické poměry

Studovaná oblast je geologicky značně složitá a různorodá (Česká geologická služba, 2020). Setkávají se zde a různě se proplétají čtyři regionálně-geologické oblasti: moldanubikum, bohémikum, kutnohorsko-svratecká oblast a blanická brázda. Těsně k ní pak přiléhá čtvrtohorní sprašová plošina táhnoucí se až k Polabí. Jednotlivé oblasti na sebe navazují v pruzích či úzkých klínech, táhnoucích se téměř přesně severojižním

směrem. Řeka Sázava je pak protíná víceméně kolmo, ve směru západovýchodním (výjimku z tohoto směru zmíníme později). Tok řeky nejednou sleduje hranici geologických útvarů, takže na protějších březích najdeme zcela odlišné horniny.

Nejčastějším horninovým typem jsou hlubinné magmatity moldanubické oblasti, granit, granodiorit, křemenný diorit, pocházející z období karbonu a permu. Stejného stáří jsou řídké, ale i v terénu jasně znatelné výchozy černého gabra.

Mezi tyto horniny se vklíní oblasti tvořené starohorními horninami bohemika, a to jak vyvřelinami (bazalt) tak horninami přeměněnými (fylity). Tyto poslední patří k ostrovní zóně bohemika, která je rozeseta jako skutečné ostrovy v moři již zmíněných moldanubických vyvřelin. Tyto starohorní ostrovy najdeme například v severojižním pruhu táhnoucím se od Černých Voděrad a Zvánovic a procházejícím Čerčany a ve dvou pruzích táhnoucích se přes Chocerady a přes Samechov. Tyto ostrovy jsou navíc zajímavé tím, že obsahují drobné ale četné čočky, tvořené starohorními mramory a horninou erlanem, což je silně vápnitá metamorfovaná břidlice. Čočky mramorů a erlanů na sebe často navazují a někdy jsou do sebe vloženy. Najdeme je nad Zlenicemi, u Přestavlk, severovýchodně od Chocerad, západně od Stříbrné Skalice, nejvýznamnější je pro nás však čočka u obce Mezihoří, kde stále stojí zachovalá vápenka (užívaná jako rekreační objekt, ale pietně rekonstruovaná) a kde se na místě vápencové čočky nachází jedna z mých zkusných ploch.

Tam, kde moldanubická oblast naléhá na kutnohorsko-svrateckou, nalézáme moldanubické metamorfity, zejména pararulu. Tyto horniny pocházejí z přelomu starohor a prvohor a nalezneme je nejvíce v pruhu procházejícím městem Sázavou. I v těchto moldanubických metamorfitech nacházíme vložky vápenců, sotva kilometr jižněji od Sázavy. Těsně na východním okraji města Sázavy prochází severojižní ostrá hranice, která odděluje moldanubikum na západě od kutnohorsko-svratecké oblasti na východě. Je zajímavé, že právě v tomto místě mění Sázava svůj směr: zatímco v moldanubiku na západě pokračuje téměř přesně na západ, v kutnohorsko-svratecké oblasti se drží severozápadního směru. V této oblasti je horninové složení dosti odlišné. Převažují svory z období kambria, nicméně časté jsou pruhy tvořené amfibolitem téhož stáří. Na skále z amfibolitu se nachází hrad Český Šternberk. Kutnohorsko-svratecká oblast však tvoří jen široký klín, který stejně ostře jak u Sázavy začíná, končí pár kilometrů na východ od Soběšína. Dále proti proudu řeky již pokračuje vcelku jednotvárná část tvořená pararulou moldanubické oblasti, která se přes Kácov táhne dál k Vlašimi a údolní nádrži Želivce, což je ale již mimo naši zájmovou oblast.

Geologickou různorodost doplňuje zajímavá sekce patřící blanické brázdě tvořené pískovci z období karbonu a permu, které již nebyly zvrásněny ani přeměněny, protože od té doby je tato část českého masivu geologicky netečná. Větší část blanické brázdy se nachází na sever od Stříbrné Skalice (hranici s pozdně starohorními bazalty tvoří Jevanský potok protékající právě Stříbrnou Skalicí). Menší část blanické brázdy je pak u Divišova.

Půdní poměry

Na rozdíl od geologie, půdy jsou ve zkoumané oblasti poměrně jednotvárné (Česká geologická služba, 2020a). Půdní typy velkou většinou kopírují morfologii terénu, zatímco vliv geologického podloží je méně výrazný. Naprosto převažují různé varianty kambizemí, v menší míře se vyskytují pseudogleje. Ve vyšších polohách kopců a na strmějších svazích nacházíme kambizemě dystrické, v poněkud nižších zvlněných polohách kambizemě mezobazické a kambizemě modální. Tam, kde se terén sklání k zahloubeným potokům, objevují se kambizemě oglejené a na ně navazují plochy pokryté pseudogleji. V samotných korytech potoků pak pravidelně nacházíme úzké pruhy glejů. Luvizemě se objevují roztroušeně až dosti zřídka. V kaňonu Sázavy a podél jejích větších přítoků je situace jiná. Samotné strmé svahy jsou pokryty rankery kambickými a modálními, ploché dno údolí fluvizeměmi. Časté jsou ploché terasy říčních náplavů prostírající se i do značné šířky od samotného toku, a tyto terasy jsou tvořeny regozemí psefitickou, která postupně přechází v kambizemě psefitické a arenické tam, kde se terén začíná poněkud zvedat. Pokud bychom se podívali za hranice naší zájmové oblasti, můžeme si povšimnout toho, že tam, kde na severovýchodě začíná sprašová tabule, objevuje se zóna hnědozemí střídaných luvizeměmi.

Typologie lesů

Celé naše území se nachází v přírodní lesní oblasti 10, Středočeská pahorkatina. Na většině zájmové oblasti odpovídá lesní vegetační stupeň nadmořské výšce. Na naprosté většině území je to tedy dubobukový LVS. Místy se ostrůvkovitě setkáme s bukodubovým LVS, zejména tam, kde se pahorkatina přimyká k toku Sázavy nebo jejím přítokům, jako je okolí Zlenic či Ratají n. S. a kde se místy kaňon řeky rozšiřuje do údolí tvořeného náplavy, jako je okolí Sázavy města či okolí Čerčan. Dubový LVS je plošně

téměř zanedbatelný, významem však skoro nejdůležitější, protože zaujímá ty nejexponovanější výslunné svahy a skály v sázavském kaňonu. V pahorkatině nalézáme ostrůvkovitě i bukový LVS, a to pravidelně a intrazonálně na severních svazích kopců.

Soubory lesních typů, s nimiž se setkáme nejčastěji (ÚHÚL, 2020) jsou 3S (Svěží dubová bučina) a 3B (Bohatá dubová bučina), respektive 2S (Svěží buková doubrava) a 2B (Bohatá buková doubrava). V údolích potoků stékajících k řece jsou to pravidelně 3D (Obohacená dubová bučina) a 3U (Úžlabní javorová jasenina). Na strmých svazích sázavského kaňonu to jsou 1Z (Zakrslá doubrava), případně 1J (Obohacená skeletová habrová javořina) nebo 2C (Vysýchavá buková doubrava) na pravém (slunečném) břehu, kdežto levý (stinný) břeh charakterizuje 3J (Obohacená skeletová lipová javořina) a 3A (Obohacená kamenitá lipodubová bučina). Zmínil jsem se už o ostrůvcích čtvrtého LVS. Tam nalézáme pravidelně 4O (Oglejená svěží dubová jedlina).

Floristické poměry

Sledovaná oblast se jeví jako mozaika plošek tvořených lesy, loukami a ornou půdou. Tyto plošky jsou propojeny lineárními útvary vodních toků, polních cest, železnice a ekotonů na styku dvou odlišných ploch. Tomu odpovídají různé typy bylinné vegetace. V následujícím náčrtu této vegetace se opírám jednak o vlastní pozorování, jednak o starší floristické studie (Šimeček, 1957; Koblí, 1964; Lhotská, 1968; Jaroš, 1980) a též o nedávnou práci (Vlasák, 2017). Znalost druhového složení v širším rozsahu studovaného území je užitečná z toho důvodu, že tyto bylinné druhy jsou k dispozici při kolonizaci nově založených lesů.

Z vlastního pozorování soudím, že v plochách pokrytých lesem jsou typickými druhy *Luzula luzuloides*, *Hieracium murorum*, *Poa nemoralis*, *Hieracium sabaudum*, *Lapsana communis*, *Mycelis muralis*, v poněkud vlhčích stanovištích pak *Oxalis acetosella*, *Viola reichenbachiana*, *Stellaria nemorum*, v jarním aspektu *Ficaria verna*. Tam, kde v lesích tečou krátké prudké přítoky Sázavy, nalézáme v potočních olšínách *Lathraea squamaria*, *Cardamine amara*, *Geranium palustre*. Louky bývají často na sušších mělkých půdách a typickými druhy jsou *Luzula campestris*, *Erophila verna*, *Campanula rotundifolia*, *Euphorbia cyparissias*, *Cerastium arvense*, *Myosotis arvensis*, *Galium verum*, a patrně díky lidské činnosti rozšířený *Lupinus polyphyllus*. Na těch nejsušších místech luk nalezneme souvislé koberce *Hieracium pilosella*, naproti tomu tam, kde je louka vlhčí, objevuje se pravidelně *Lychnis flos-cuculi*. Na okrajích polí

nacházíme *Geranium pusillum*, *Lithospermum arvense*, *Lycopsis arvensis*, *Spergula arvensis*, jako polní plevely běžné a všudypřítomné *Centaurea cyanus*, *Papaver rhoeas*. Polní cesty jsou pravidelně lemovány keřovou vegetací s převažujícími *Prunus spinosa*, *Rosa canina*. Občas se objevují *Sarothamnus scoparius* a *Euonymus europaeus*, liánovou vegetací těchto křovin dokresluje *Bryonia alba*. Podél břehů Sázavy si nemůžeme ne všimnout rozsáhlých porostů invazní *Impatiens glandulifera*, vyskytuje se však také např. *Spiraea salicifolia*, možná zplanělý. Vrbovými pobřežními křovinami (s dominantní *Salix fragilis*) se pne *Calystegia sepium*. Speciální a botanicky patrně nejzajímavější jsou výslunné skalnaté pravé břehy kaňonu Sázavy, porostlé řídkými dubohabřinami. Ačkoli co do pokryvnosti většinou suverénně vedou suťové druhy v čele s *Alliaria petiolata*, mnohem zajímavější je hromadný výskyt *Vincetoxicum hirundinaria* a *Lychnis viscaria*, spolu s *Verbascum densiflorum*. Na skalních výchozech, kde už stromové patro prakticky chybí, nalezneme *Jasione montana*, *Asplenium septentrionale*, *Galeopsis angustifolia*. Nakonec je potřeba zmínit i posázavskou železniční trať, kde v kolejištích nacházíme nejen ruderalní, ale též segetální druhy, zejména *Bromus tectorum*, *Viola arvensis*, *Equisetum arvense*, *Tripleurospermum inodorum*, *Polygonum aviculare*, ale také *Valerianella locusta* nebo *Senecio inaequidens* (který jsem ale pozoroval jen jednou, a to poblíž vlakového nádraží ve Hvězdonicích).

Pokud jde o starší prameny, (Kafka, 1913) uvádí jako typické botanické zvláštnosti celého Posázaví *Spiranthes spiralis* (švihlík krutiklas) a *Erythronium dens-canis* (kandík psí zub). Ten první roste pouze v rezervaci Švařec u Žďáru nad Sázavou. Druhý taxon je všeobecně znám a na jaře jej na Medníku obdivují a zašlapávají celé zástupy turistů a fotografů. Oba tyto extrémně vzácné druhy se však vyskytují již mimo naši zájmovou oblast.

Systematický floristický přehled našeho území najdeme v práci (Šimeček, 1957). Z lesních druhů jmenuje *Melica nutans*, *Luzula luzuloides*, *Phyteuma spicatum*, *Sanicula europaea*, *Lathyrus sylvestris*, *Vicia sylvatica*, *Aruncus vulgaris*, *Primula veris*. Podél břehů řeky nacházíme *Glyceria aquatica*. Největší pozornost je však v citované studii zaměřena na druhy teplomilné, rostoucí na skalách a výslunných svazích. Jako cenná lokalita v této studii vystává vrch Čapík u Stříbrné Skalice, kde se ovšem naneštěstí v současnosti nalézá obrovský lom na kámen a druhý svah je hustě zastavěn chatovou osadou (na malém zbytku, který ušel devastaci, se nachází jedna z mých zkusných ploch). Práce Šimečka (1957) na Čapíku vyjmenovává například *Alyssum alyssoides*, *Geranium sanguineum*, *Seseli osseum*, *Stachys recta*, *Origanum vulgare*, *Lactuca viminea*,

Anthemis austriaca, *Centaurea stoebe*, *Melica transylvanica*, *Petrorhagia prolifera*. Z dalších rostlin sušších lokalit uvádí autor například *Festuca valesiaca*, *Allium montanum*, *Hypochaeris glabra*, *Asperula cynanchica*, *Cardaminopsis arenosa*, *Viola mirabilis*, *Viola hirta*, *Sedum album*, *Cytisus nigricans*, na vápencích *Thlaspi perfoliatum*, na kyselých skalách naproti tomu *Asplenium septentrionale*. Teplomilné křoviny zastupuje *Sarothamnus scoparius*. V dubohabřinách najdeme *Chrysanthemum corymbosum*, na sušších loukách *Centaurea jacea*, *Scabiosa ochroleuca*, *Vicia tetrasperma*. Spíše plevelného charakteru jsou *Scleranthus annuus*, *Gypsophila muralis*, *Verbena officinalis*, *Lactuca serriola*. Zajímavá je zmínka o netýkavce malokvěté (*Impatiens parviflora*). Udává se, že „doprovází lidskou činnost v lesích (smrčiny), i na jiných stanovištích“, celkově je kvantifikována jako „roztoušeně“ se vyskytující. Situace tohoto invazního druhu byla tedy v roce 1957 v Posázaví dosti odlišná od dneška, kdy (jak uvidíme na mých záznamech), je rozšířen natolik masivně, až likviduje vše ostatní.

Pozdější práce (Kobrlé, 1964; Lhotská, 1968) tento obraz vegetace v naší oblasti vcelku potvrzují. Přidávají pozorování *Melica uniflora*. Pokud jde o invazní druhy, Kobrlé (1964) uvádí, že *Impatiens parviflora* se šíří z Havlíčkových sadů v Havlíčkově Brodě od let 1940-43, a to „velmi rychle“, nicméně že se vyskytuje „v údolí Sázavy zatím jen ojediněle“. V práci Lhotské (1968) kupodivu netýkavka malokvětá není vůbec zmíněna, ale zato se poukazuje na netýkavku žláznatou (*Impatiens glandulifera*), jejíž šíření se klade za vinu chatařství a zahrádkářství a u níž se předvídá, že „obsadí v příštích letech na vhodných místech břehy Sázavy a tamějších potoků“. Víme, že tento předpoklad z roku 1968 je dnes skutečností. Výše citovaná studie Lhotské ovšem uvádí jako nejagresivnější neofyt *Erigeron annuus* a detailně vypočítává jeho výskyt a postup invaze, zatímco dnes je tato rostlina rozšířena tak všeobecně, že jí není věnována zvláštní pozornost.

Když jsme probírali geologii našeho území, zmínili jsme také přítomnost četných, rozsahem sice malých ale botanicky důležitých čoček vápenců a erlanů. Vegetaci těchto lokalit detailně popisuje práce (Jaroš, 1980). Například dubohabřinu v Budíně u Sázavy charakterizuje přítomnost *Vincetoxicum hurundinaria*, *Polygonatum odoratum*, *Chrysanthemum corymbosum*, *Anthericum ramosum*.

V nedávné práci (Vlasák, 2017) se zkoumal současný stav teplomilné a skalní vegetace v sázavském kaňonu. Z keřových porostů na skalách podél řeky uvádí častý výskyt *Juniperus communis*, *Berberis vulgaris*, *Cytisus scoparius*. Na suchých loukách registruje *Linaria vulgaris*, *Knautia arvensis*, *Trifolium alpestre*, *Scabiosa ochroleuca* a

na skalnatých stráních *Turritis glabra*, *Artemisia absinthium*, *Silene nutans*, *Cytisus nigricans*. Z mnoha detailně popsanych lokalit se vraťme pouze na již dříve zmiňovaný Čapík u Stříbrné Skalice. Vlasák (2017) tam nachází například *Chondrilla juncea*, *Anthemis austriaca*, *Alyssum calycinum*, *Petrorhagia prolifera*, *Geranium sanguineum*, *Lactuca viminea*, *Artemisia campestris*, *Asplenium septentrionale*, *Centaurea stoebe*, *Lychnis viscaria*, *Sedum album* a další. Srovnáme-li to s prací Šimečka (1957) publikovanou o šedesát let dříve a jmenující v podstatě tytéž druhy, mezi nimi i některé dosti vzácné, můžeme jen obdivovat přírodu, která dokázala přetrvat i tak masivní devastaci, jakou Čapíku uštedřil člověk.

Historické a kulturní souvislosti

Od prehistorických dob až do doby středověké kolonizace bylo naše zájmové území osídleno velmi řídko (Hejna, 1982). To ovšem neznamená, že bylo zcela pusté, jak o tom svědčí například nález většího počtu bronzových předmětů z doby halštatské v Ratajích nad Sázavou. V počátcích slovanského osídlení hrálo ústřední roli v oblasti hradiště Lštění, zprvu jako západní opěrný bod Zličanů, posléze v 10. století jako jihovýchodní výspa raného přemyslovského dominia. Základy románského kostela sv. Klimenta jsou dnes zakryty barokním kostelíčkem, dobře viditelným ze širokého okolí. Hrad Lštění plnil svou úlohu ještě v době Kosmově, ale ve 12. století bylo hradiště natrvalo opuštěno. Patrně ze stejné doby jako Lštění pocházejí také slovanská hradiště Vraník u Ratají n. S. a Dojetřice na jih od Černých Bud, o nichž však písemné prameny mlčí. V 11. století dochází k první vnitřní kolonizaci území, je založen Sázavský klášter, jehož význam pro českou kulturu je všeobecně znám. Mezi sídly, která vznikají v této době, zmiňme například Divišov, odkud pocházel vlivný rod Divišovců, který měl ve znaku hvězdu. Když Divišovci ve 13. století přesídlili do pevného kamenného hradu, který si vystavěli na příkrém ostrohu nad tokem Sázavy, začali si podle dobového zvyku říkat Sternbergové. Jejich potomci vlastní hrad Český Šternberk dodnes. Ve 12. a 13. století se vnitřní kolonizace podél obou břehů Sázavy rozjela naplno a z té doby se nám dochovaly velmi cenné románské kostely ve Stříbrné Skalici, v Hrusicích, v Otrybech a v Soběšíně. Břehy Sázavy se zaskvěly celým řetězcem kamenných hradů, stojících téměř na dohled jeden od druhého: Zlenice, Stará Dubá s podhradním městečkem Odranec, Čejchanův hrádek, Komorní Hrádek, Stříbrná Skalice, Talmberk, Pirkštejn, Český Šternberk, Kácov.

V pohusitské době význam oblasti začal klesat, i když v 16. století se rozjela těžba stříbra ve Stříbrné Skalici, která od toho má své jméno.

V této části Posázaví se nikdy nerozvinul významnější průmysl, až na sklárství, které je dodnes spojeno s továrnou Kavalier v Sázavě. Snad i proto zde stěží potkáme panelové činžovní domy, právě až na centrum města Sázavy. Drobných provozů zde však bylo porůznu velké množství, jmenujme například dodnes malebně vyhlížející šroubárnu ve Hvězdonicích. Dá se tedy snad říci, že průmyslová revoluce se krajem nepřehnala jako revoluční povodeň, ale jen jako hnojivou prst' přinášející záplava (Kafka, 1913; Kucrová, 2013). I proto zůstal kraj romanticky malebný, málo odlišný od toho, jak jej kreslil hrusický rodák Josef Lada a jak si jej zamilovali za první republiky sázavští trampové. Daleko větší krajinnou pohromou se stalo masové a k přírodě zcela necitlivé chatařství z doby reálného socialismu. To je však omezeno jen na specifické lokality. Snad i proto je tento úsek Posázaví častou kulisou uměleckých děl, kromě již zmiňovaného naivisty Josefa Lada jmenujme namátkou Šimáčkovu historickou detektivku Zločin na Zlenicích hradě nebo kultovní film Řeka čaruje.

Nakonec se vraťme ještě jednou do Divišova. Vedle Benešova, který však leží již mimo naši zájmovou oblast, to totiž bývalo hlavní centrum židovského osídlení v kraji, jak o tom svědčí nejen synagoga, ale zejména velmi rozsáhlý a skvěle zachovaný židovský hřbitov, nyní utopený uprostřed polí. Z židovské rodiny z Divišova pocházel například spisovatel František Kafka, překladatel Franze Werfla a otec Vladimíra Kafky, který pro změnu překládal Franze Kafku.

4.2 Vyhledání lokalit

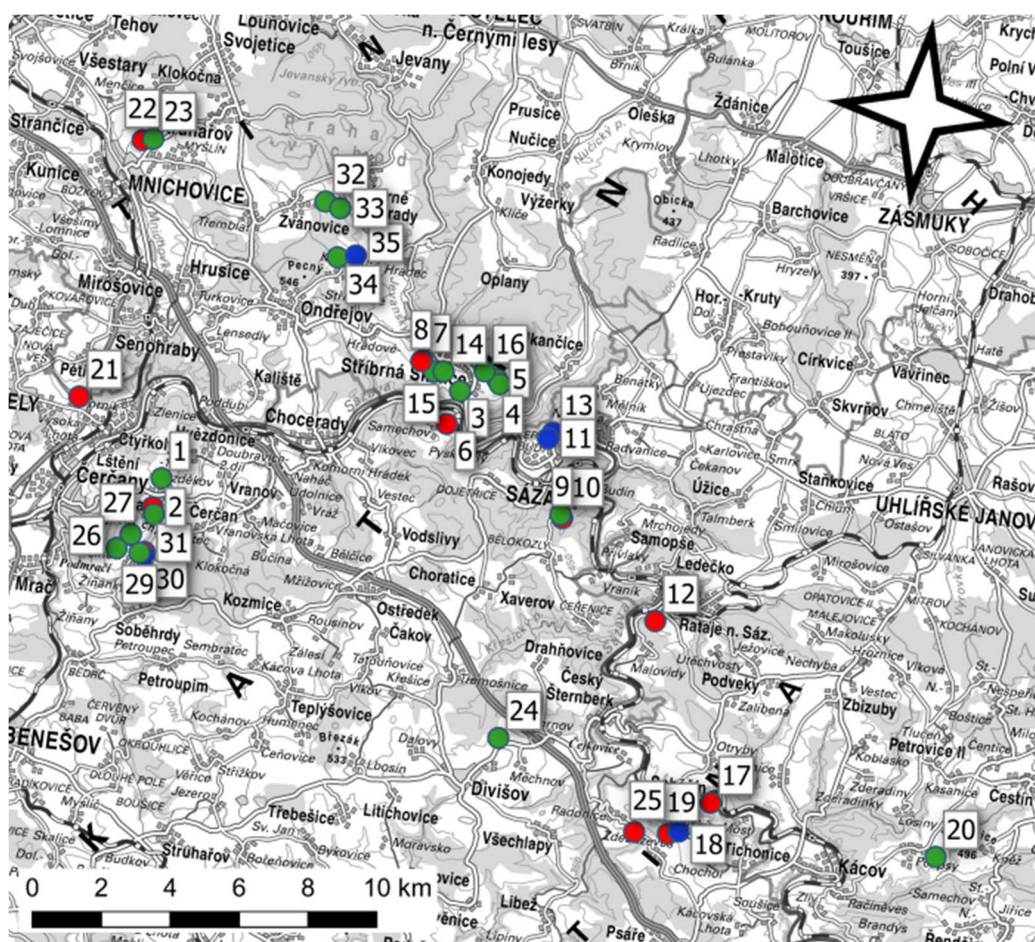
V rámci zájmového území jsem vhodné lokality vyhledával pomocí webového portálu kontaminace.cenia.cz, který naneštěstí k 30. 6. 2020 ukončil svou činnost z důvodů zastarání technologie. Na této webové stránce byly souběžně zobrazeny letecké snímky z roku 1954 a současné letecké snímky téhož území (portál kontaminace.cenia.cz neuváděl, z kterého roku pocházejí současné snímky, ale srovnáním s ortofotomapami na portálu mapy.cz jsem došel k závěru, že jde s největší pravděpodobností o rok 2018). Tak bylo snadné zjistit, která území byla v roce 1954 zemědělsky využívaná a nyní jsou zalesněná. Mezi takovými územími jsem pak vybral 42 lokalit. Některé lokality se však ukázaly jako nevhodné, zejména proto, že zalesněné území bylo malé či úzké, takže

nebylo možné dodržet podmínku, že zkusná plocha v lesním porostu má být od okraje lesa nejméně dvě stromové výšky daleko. Jelikož z leteckých snímků nebylo nijak možné zjistit výšku porostu, počítal jsem konvenčně s výškou 20 m. Vhodných lokalit jsem nakonec vybral 35. Na Obrázku 1 vidíme jeden příklad (z mnoha) toho, jak se totéž území jeví na historickém a na aktuálním leteckém snímku.



Obrázek 1 Srovnání historického (nahore) a současného (dole) leteckého snímku části katastru obce Mezihorí u Čerčan, kde jsou zřejmé zemědělské plochy, které byly nově zalesněny (zdroj: <http://kontaminace.cenia.cz>).

Fotografie ze stránky kontaminace.cenia.cz jsem uložil do souborů ve formátu PNG a následně georeferencoval v geografickém informačním systému. Pro veškeré práce v GIS jsem používal volně dostupný program QGIS. Tak jsem především pro každou lokalitu zjistil zeměpisné souřadnice pro pozdější vyhledání lokality pomocí GPS a také kontext lokality v mapovém podkladu základní mapy 1:25 000, kterou jsem pak používal pro orientaci v terénu. Na Obrázku 2 uvádím přehledovou mapu zájmové oblasti s vyznačenými polohami všech vybraných lokalit.



Obrázek 2 Mapa zájmové oblasti s vyznačenými lokalitami fytoecologických snímků. Barevně jsou odlišeny tři uvažované typy předchozího využití půdy: červená – pole, zelená – louky, modrá – sady. Číslování lokalit udává Tabulka 1.

Pomocí WMS služby jsem v QGIS podložil také další mapy, totiž detailní geologickou mapu a půdní mapu. Z podložené geologické mapy jsem pak jednoduše odečetl podrobnou informace o geologickém podloží. Pro zjednodušení klasifikace jsem geologické podloží rozdělil do pěti skupin, pojmenovaných „bazalt“, „břidlice“, „metamorfit“, „sediment“ a „žula“. Přiřazení do skupin je intuitivní, až na vápenec, který jsem zařadil do skupiny „bazalt“, na základě toho, že jde také o bazickou horninu. Do skupiny „žula“ jsem zařadil všechny ne-bazické vyvřeliny.

Předchozí využití lokality jsem určoval vizuálně podle historických leteckých snímků. Třídil jsem je do tří skupin: „louka“, „pole“ a „sad“. Do skupiny „louka“ spadají také pastviny, jelikož nebylo na snímcích možné tyto dvě kategorie rozlišit. Sady byly na snímcích velmi snadno rozpoznatelné. Pole a loky bylo také možné se značnou mírou jistoty rozlišit. Pokusil jsem se také vzít informace z historických katastrálních map z poloviny padesátých let, přesněji ze státní mapy SMO-5000, která by měla katastrální

mapu odrážet. Nicméně kategorizace ploch (lesy, pole, zahrady, louky), jak je uvádí SMO-5000 se ukázala jako nespolehlivá. Oficiální údaje z katastru leckdy evidentně nesouhlasí se skutečným využitím, jak je viditelné na leteckých snímcích. Proto jsem nakonec spoléhal na letecké snímky, ačkoli úplně stoprocentní jistotu v rozlišení pole/louka z těchto snímků nemohu zaručit.

Všechny základní informace o vyhledaných lokalitách jsou uvedeny v Tabulce 1. Bod s udanými souřadnicemi je pak v terénu středem čtvercové zkusné plochy.



Obrázek 3 Vytyčení zkusné plochy.

4.3 Fytocenologické snímkování

Zvolené lokality jsem v terénu vyhledal pomocí GPS přijímače mobilního telefonu. Opakovaná zkušenost ukázala, že přesnost vyhledání byla v nejpříznivějším případě ± 2 metry, běžně však průměrně ± 10 metrů, v některých případech i horší. Na vyhledané lokalitě jsem vyměřil zkusnou plochu ve tvaru čtverce o straně 10 metrů. Úhlopříčky čtverce jsem volil v severojižním a východozápadním směru. Samotné vyměření a ohraničení jsem provedl pomocí buzoly a měřicích šňůr, na nichž byly značky vymezující přesnou délku úhlopříček a stran čtverce 10×10 m. V principu je tak zaručena pravoúhlost vymezené plochy. Vrcholy čtverce jsem vyznačil plastovými tyčkami. V geometrickém středu plochy jsem zarazil dřevěný kolík s obarveným koncem. Ten jsem v terénu ponechal, a to pro případ, že bych potřeboval vrátit se znovu na totéž místo. Obrázek 3 ilustruje na dvou fotografiích, jak jsem zkusné plochy vytyčoval. "

Tabulka 1 Zkusné plochy a jejich základní charakteristiky: předchozí využití, zeměpisné souřadnice ve stupních a geologické podloží odečtené z geologické mapy. Na všech zkusných plochách se dnes nalézá lesní porost.

Lokalita	Využití 1954	Severní šířka	Východní délka	Geologické podloží
1	louka	49.857284	14.740676	břidlice
2	pole	49.849513	14.738688	břidlice
3	louka	49.890015	14.855524	bazalt, andezitobazalt, tufy
4	louka	49.893151	14.871066	pískovec, prachovec, slepenec
5	louka	49.894354	14.869699	pískovec, prachovec, slepenec
6	pole	49.881082	14.852014	bazalt, andezitobazalt, tufy
7	pole	49.896646	14.838764	bazalt, andezitobazalt, tufy
8	pole	49.896383	14.838409	bazalt, andezitobazalt, tufy
9	pole	49.860653	14.903091	pararula
10	louka	49.861519	14.902244	pararula
11	sad	49.880776	14.893250	pararula
12	pole	49.837224	14.945718	amfibolit
13	sad	49.882489	14.894905	pararula
14	louka	49.894512	14.847871	kvarcitický fylit
15	louka	49.894097	14.844194	bazalt, andezitobazalt, tufy
16	louka	49.895951	14.864337	pískovec, prachovec, slepenec
17	pole	49.792179	14.977348	pararula
18	sad	49.783649	14.965955	pararula
19	pole	49.782672	14.961838	pararula
20	louka	49.785700	15.070023	sediment smíšený
21	pole	49.875525	14.703357	granodiorit, tonalit, diorit křemenný
22	pole	49.943896	14.715022	granodiorit, tonalit, diorit křemenný
23	louka	49.944635	14.719225	granodiorit, tonalit, diorit křemenný
24	louka	49.801721	14.889084	svor
25	pole	49.782049	14.948246	pararula
26	louka	49.837627	14.726389	břidlice
27	louka	49.841752	14.731400	vápenec krystalický
28	louka	49.847697	14.739486	křemenný porfyr
29	louka	49.837290	14.735778	metadroba, metaarkóza
30	pole	49.837663	14.737784	břidlice, droba
31	sad	49.836662	14.737897	břidlice, droba
32	louka	49.934369	14.791604	kvarcit
33	louka	49.933122	14.797882	břidlice
34	louka	49.920357	14.799437	granodiorit
35	sad	49.921472	14.806662	pískovec, prachovec, slepenec

Na každé ploše jsem provedl soupis všech rostlinných druhů, s rozlišením stromového (výška nad 3m), keřového (1,5 m až 3 m) a bylinného (pod 1,5 m) patra. Semenáčky dřevin jsem řadil do bylinného patra. Pokryvnost jednotlivých druhů jsem stanovoval odhadem a klasifikoval podle sedmičlenné Braun-Blanquetovy stupnice (Moravec & kolektiv, 1994). Pro účely pozdějšího počítačového zpracování jsem jednotlivým stupňům Braun-Blanquetovy stupnice přiřadil efektivní procentuální pokryvnosti zhruba ve středu intervalu odpovídajícího danému stupni. Tyto efektivní pokryvnosti uvádím v Tabulce 2.

Tabulka 2 Braun-Blanquetova (B-B) stupnice a efektivní pokryvnosti použité při počítačovém zpracování.

B-B stupeň	Pokryvnost	Efektivní pokryvnost (procenta)
5	75 – 100%	88
4	50 – 75%	63
3	25 – 50%	38
2	5 - 25%	13
1	< 5%	3
+	roztroušeně	2
r	ojediněle	1

Podle převládajícího charakteru stromového patra, jak jsem je na místě pozoroval, jsem rozdělil lokality do tří skupin, označených jako „jehličnatý“, „smíšený“, „listnatý“ porost. Toto dělení slouží k statistickým analýzám, jak bude uvedeno dále.

Byliny jsem určoval většinou pomocí Klikova klíče (Klika, 1965), trávy pomocí klíče a atlasu (Regal & Šindelářová, 1970), byliny ve vegetativním stavu pomocí klíče (Koblížek & Řepka, 2003). V případech, kdy se mi determinace nezdařila ani pomocí této literatury, jsem rostliny vyfotografoval a (s výjimkou evidentně vzácných druhů) pořídil herbářovou položku. Určení takto dokladovaného materiálu provedl školitel bakalářské práce. Vědecké názvy rostlin jsem nakonec sjednotil podle nejnovějšího vydání botanického klíče (Kaplan, et al., 2019).

Takto jsem získal tabulku fytoocenologických snímků pro všech 35 lokalit. Tyto snímky jsou uvedeny v tabulkách v Příloze 1 na konci práce. V těchto tabulkách také uvádím zkratky vědeckých názvů rostlin, které používám v této práci.

4.4 Ekologické parametry lokalit

V analýzách získaných dat jsem sledoval zejména závislost na třech ekologických parametrech lokalit: 1) předchozí užití „pole“, „louka“ či „sad“, tak, jak bylo určeno již při vyhledání lokalit, 2) geologické podloží, tedy jedna z kategorií „bazalt“, „břidlice“, „metamorfit“, „sediment“ a „žula“ podle geologické mapy, a 3) charakter stromového patra „jehličnatý“, „smíšený“, „listnatý“, podle pozorování na místě. Všechny tyto tři parametry jsou kategoriální proměnné (tedy dají se klasifikovat do konečného počtu pojmenovaných kategorií).

Kromě těchto tří parametrů lokalit byly v programu JUICE (Tichý, 2002) spočítány pro jednotlivé fytoocenologické snímky průměrné hodnoty ellenbergovských indikačních čísel pro světlo, teplo, vlhkost, pH, živiny a kontinentalitu, a zároveň také Shannonův index určující diverzitu druhů. Všechny tyto parametry se týkají pouze bylinného patra. Tyto kvantitativní údaje byly vypočteny pomocí standardní tabulky ellenbergovských indikačních čísel jednotlivých druhů, jak ji má implementovanou program JUICE.

Jako doplněk k ellenbergovským proměnným jsem pro každou lokalitu vypočetl na základě expozice a sklonu terénu hodnoty světelného a tepelného požitku (označuji je P_S a P_T), a to podle metodiky z článku (McCune & Keon, 2002). Vzorec uvedený v tomto článku zní:

$$P_{S,T} = 0.339 + 0.808 \times \sin L \times \cos S - 0.196 \times \sin L \times \sin S - 0.482 \times \cos A_{S,T} \times \sin S$$

kde L značí zeměpisnou šířku, S sklon terénu a veličiny A_S a A_T označují expozici lokality upravenou na lineární proměnnou. Ta se vypočte ze skutečné expozice A odlišným způsobem pro světelný požitek:

$$A_S = 180^\circ - |A - 180^\circ|$$

a pro tepelný požitek:

$$A_T = |180^\circ - |A - 225^\circ||.$$

Důvod pro tuto odlišnost je ten, že zatímco maximum světelného toku závisí čistě na poloze slunce na obloze, maximum tepelného toku závisí i na tom, zda se jedná o dopolední nebo odpolední čas.

Šest ellenbergovských proměnných, Shannonův index diverzity a parametry světelného a tepelného požitku jsou spojité proměnné (tedy nabývají jakékoli číselné hodnoty v povoleném rozmezí).

Tabulka lokalit se všemi zjištěnými a vypočtenými vlastnostmi prostředí je uvedena v Příloze.

4.5 Statistická analýza dat

Získaná data jsem zpracovával ve dvou úrovních.

V první úrovni jsem prováděl souhrnné statistiky. Přitom jsem používal předdefinované funkce jazyka R (R Core Team, 2020). Šlo především o analýzu variance (ANOVA), kde jsem studoval souvislost spojitých proměnných, zejména ellenbergovských parametrů, na kategoriálních proměnných lokalit. Tyto kategorie jsem třídil, jak už jsem uvedl, podle předchozího využití, podle geologického podloží a podle charakteru stromového patra. Analýzu variance jsem posuzoval jednak pomocí krabicových grafů vytvořených v jazyce R, jednak kvantitativním testem významnosti, opět s použitím vestavěné funkce jazyka R. Tím jsem zjistil, které kategoriální charakteristiky vykazují statisticky významné rozdíly v příslušných ellenbergovských parametrech. Souhrnnou statistiku jsem doplnil i Zipfovou analýzou (Zipf, 1949) významnosti jednotlivých rostlinných druhů.

V druhé úrovni jsem s pomocí programu CANOCO 5 analyzoval druhové složení na jednotlivých lokalitách. Podstatou tohoto programu je použití ordinačních metod. Těchto metod je vícero, ale jejich podstatou je vždy snaha seskupit rostlinné druhy vyskytující se v souboru fytoecologických snímků tak, aby se co nejlépe vystihla variabilita v jejich výskytu. Přitom buď předem vůbec neuvažujeme, na jakých ekologických parametrech by mohl výskyt záviset (technika nepřímé gradientové analýzy), nebo je soubor ekologických parametrů zadán předem (technika přímé gradientové analýzy). Typ matematické závislosti na ekologických vlastnostech prostředí může být opět dvojího druhu. Buď výskyt druhu závisí na ekologickém prediktoru lineárně, v grafu by tedy byla znázorněna přímkou, nebo je tato závislost unimodální, tedy vyznačuje se lokálním maximem a v grafu by byla znázorněna zvonovitou křivkou, například Gaussovou či jinou podobnou křivkou. Celkem tedy dostáváme čtyři základní varianty ordinačních metod: nepřímá a lineární PCA (principal component analysis),

přímá a lineární RDA (redundancy analysis), nepřímá a unimodální CA (correspondence analysis) a konečně přímá a unimodální CCA (canonical correspondence analysis).

Různé situace si žádají využití různých metod a volba metody není jednoduchá úloha. Obecně se dá říci, že pro data s velkou variabilitou snímkového materiálu jsou vhodné unimodální metody, protože se předpokládá, že rozsah ekologických podmínek je natolik široký, že zahrne oblast pod maximum, kolem maxima i za maximum výskytu mnohých druhů. To je ovšem teorie, která prakticky může a nemusí být splněna. Pro data s malou variabilitou se naopak častěji používají lineární metody. V této práci byla volba mezi těmito alternativami usnadněna nástrojem v programu CANOCO 5 který na základě předběžně odhadnuté celkové variability datového souboru sám doporučí vhodnou ordinační metodu. Vždy jsem se držel tohoto doporučení, konkrétně to vždy byla volba unimodální metody, tedy vždy buď CA, nebo CCA analýza.

Pro úplnost nyní krátce vysvětlím podstatu korespondenční analýzy CA, jak ji popisuje článek (Ter Braak, 1986). Předpokládáme, že intenzita výskytu každého jednotlivého rostlinného druhu (měřená v mém případě pokryvností) závisí na velkém množství ekologických parametrů. Některé z těchto parametrů známe, mohou to být například ellenbergovské hodnoty pro světlo, teplo, vlhkost, pH, kontinentalitu a obsah dusíku. Přesto zůstává velké množství ekologických parametrů skrytých, viz např. (Mráz & Samek, 1966). Každá lokalita je charakterizovaná sadou hodnot těchto parametrů a v abstraktním mnoharozměrném prostoru těchto parametrů tomu odpovídá jeden bod. Naproti tomu každý rostlinný druh má na každé z os těchto ekologických parametrů své optimum a soubor těchto optimálních hodnot opět určuje jeden bod v abstraktním ekologickém prostoru. Je ovšem nemožné si názorně představit, jak jsou body odpovídající lokalitám a body odpovídající druhům navzájem rozmístěny. Usilujeme proto o zjednodušené zobrazení, nejlépe s pouhými dvěma osami, do nichž se všechny body promítnou. Jakému ekologickému parametru tyto osy odpovídají, to ale předem neznáme. Pro nalezení těchto ordinačních os navrhuje Ter Braak (1986) následující postup. Každé lokalitě i přiřadíme skóre x_i , což bude souřadnice lokality na této ose. Podobně přiřadíme každému druhu s skóre y_s . Tato skóre ale musí být kompatibilní, a to prostřednictvím empiricky získané tabulky ekologických snímků: když vezmeme skóre lokalit x_i a pomocí této tabulky vypočteme, jaké skóre by měly mít jednotlivé druhy, musí nám vyjít správné y_s . A naopak, vyjdeme-li ze skóre druhů y_s a pomocí tabulky snímků vypočteme, jaké by měly být skóre lokalit, musí nám vyjít x_i . Počítačový algoritmus to řeší opakovanými iteracemi, dokud nedosáhne shody. Přitom je třeba zmínit dva

matematické zádrhele, které mají později velký význam při interpretaci výsledků, a proto je zde zdůrazním. Zprv je jasné, že existuje řešení, při němž úplně všechna skóre jsou totožná. Matematicky je to správně, ekologicky je to ale nesmysl. Toto řešení musíme vyloučit. Zadruhé, kdybychom vynásobili všechna skóre tímtež libovolně zvoleným číslem, dostaneme opět řešení, matematicky odlišné, ale z ekologického hlediska totožné. Algoritmus se s oběma těmito problémy vypořádá tak, že se požaduje, aby střední hodnota všech nalezených skóre byla pevně daná, a to nula, zatímco rozptyl aby byl také pevně daný, a to roven jedné. Proto nás později, až uvidíme výsledky analýz, nesmí překvapit, že nalezená skóre se vždy rozprostírají kolem nuly od záporných hodnot ke kladným. A to přesto, že skutečné ekologické parametry, například procento půdní vlhkosti nebo pH jsou vždy kladná čísla. Získaná skóre jsou abstraktní veličiny, jejichž vztah k reálným veličinám je potřeba určit až dodatečně. Postup, který jsem zde popsal podle článku Ter Braaka (1986), uvažuje jen jednu ordinační osu, stejně ale lze pracovat i se dvěma na sebe kolmými osami, případně s jakýmkoli počtem os, které potřebujeme. V této práci budu všude pracovat se dvěma ordinačními osami. Je také možné směry os omezit tak, že představují lineární kombinaci předem zvolených ekologických proměnných. To je případ přímé gradientovou analýzy.

Fytocenologická data jsem v programu CANOCO 5 zpracovával jak nepřímou, tak přímou gradientovou analýzou. V obou případech je základním obsahem ordinačního diagramu soubor bodů. Každý bod odpovídá jednomu rostlinnému druhu a souřadnice tohoto bodu jsou skóre tohoto druhu na prvních dvou ordinačních osách. Rozdíl mezi přímou a nepřímou gradientovou analýzou spočívá v tom, jakou roli hrají kategoriální parametry lokalit: předchozí využití, geologické podloží a charakter stromového patra. V nepřímé gradientové analýze (metoda CA) byly všechny tyto parametry brány jako dodatkové proměnné (supplementary variables) a výpočet skóre druhů na ordinačních osách na nich nezávisel. V ordinačních diagramech se objevují jen jako body znázorňující střední polohu jednotlivých hodnot těchto parametrů (centroid příslušné kategorie). Naproti tomu v přímé gradientové analýze (metoda CCA) jsou některé z těchto parametrů zvoleny jako vysvětlující proměnné (explanatory variables) a ordinační osy se pohybují jen v omezeném prostoru vymezeném možnými hodnotami vysvětlujících proměnných. Ostatní parametry pak hrají opět jen pasivní roli dodatkových proměnných. Vypočtené ellenbergovské proměnné a Shannonův index lokalit hrají v ordinačních diagramech vždy roli dodatkových proměnných, jelikož to nejsou nezávislé proměnné lokalit, ale jsou vypočteny z fytoocenologických snímků. Jakožto spojité proměnné jsou tyto parametry

v ordinačních diagramech znázorněny šipkami, které ukazují, kterým směrem hodnota konkrétního parametru nejrychleji roste. Rychlost růstu parametru je pak znázorněna délkou šipky.

Kromě ordinačních diagramů jsem vykresloval také vrstevnicové diagramy diverzity bylinných druhů. Diverzitu jednotlivých lokalit jsem vypočetl jako Shannonův index přímo z fytoecologických snímků, tedy nezávisle na Shannonově indexu získaném pomocí programu JUICE. V těchto diagramech je každá lokalita znázorněna plným kroužkem o velikosti úměrné diverzitě. Souřadnice středu kroužku odpovídají skóre lokality na prvních dvou ordinačních osách. Vrstevnice jsem prokládal algoritmem LOESS pomocí funkce jazyka R. Tutéž funkci má sice i přímo program CANOCO 5, ale ta se mi jevila jako poněkud nespolehlivá, proto jsem použil jazyk R.

Dále jsem pro některé druhy bylinného patra vykresloval jejich ekologickou odezvu v závislosti na poloze podél první ordinační osy. Tuto odezvu jsem vypočítal tak, že jsem vzal pokryvnost z tabulky snímků a přiřadil ji na ose tomu bodu, který odpovídá skóre příslušné lokality. Těmito body jsem pak prokládal Gaussovu křivku pomocí jazyka R. Při výběru druhů k zobrazení jsem se řídil dvěma vodítky. Především se druh musel vyskytovat na dostatečném počtu snímků, tak, aby se Gaussova křivka prokládala dostatečným počtem bodů (méně než pět bodů/snímků už nedává žádný smysl). Tím byla vlastně vyřazena většina druhů, protože se vyskytovaly příliš zřídka. Zadruhé, ze skupiny druhů s velmi podobnou Gaussovou křivkou jsem vždy vybral jen jeden reprezentativní druh. Tak jsem nakonec dostal poměrně malou skupinu druhů.

Pro úplnost ještě uvedu, že ordinační diagramy jsem zpracovával jen pro druhy bylinného patra. Analýzy v programu CANOCO 5 byly nastaveny tak, že byla použita logaritmická transformace pokryvnosti druhů $Y' = \log(Y + 1)$, detrendování nebylo použito a byl nastaven příznak pro potlačení řídce zastoupených druhů neboli snížení váhy těchto druhů ve výpočtech.

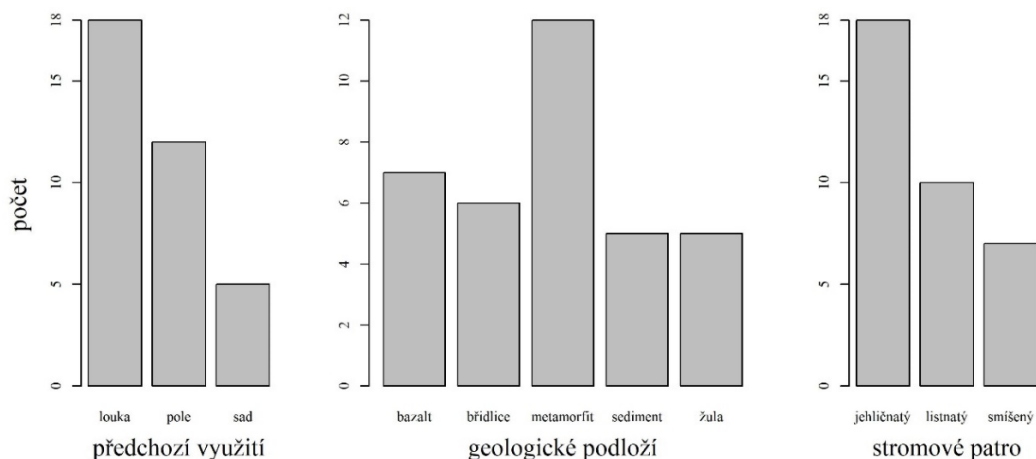
5 Výsledky

5.1 Souhrnné statistiky

V souhrnných statistikách jsem se snažil prozkoumat vzájemnou závislost různých parametrů zkusných ploch. Jsou to především tři kategoriální proměnné, a to předchozí využití, geologické podloží a charakter stromového patra. Dále jsou to spojité proměnné, a to ellenbergovské parametry získané ze snímků, Shannonův index diverzity a světelný a tepelný požitek.

Počty ve skupinách

První informací je počet lokalit v jednotlivých skupinách podle předchozího využití, geologického podloží a stromového patra. Uvádím je v sloupcových grafech na Obrázku 4. Vidíme, že počty jsou poněkud nevyrovnané, například sadů je mnohem méně než luk, což poněkud snižuje průkaznost získaných výsledků.



Obrázek 4 Počty zkusných ploch ve skupinách klasifikovaných podle předchozího využití, podle charakteru stromového patra a podle geologického podloží.

Analýza variance

Pro zkoumání závislosti spojitéch proměnných na kategoriálních proměnných se používá analýza variance (ANOVA). Pro první přehled jsem vykreslil tuto závislost ve formě krabicových diagramů, viz Obrázek 5 a Obrázek 6.

Z těchto diagramů docházím k závěru, že celkově vliv předchozího využití na ellenbergovské parametry je malý. Jediný parametr, kde je vliv znatelnější, je Shannonův index, kde sady vykazují viditelně vyšší diverzitu než pole a louky. K témuž závěru docházím i v případě, že se diverzita měří počtem bylinných druhů, i když v tomto případě rozdíl je menší. Mnohem méně výrazný vliv předchozího využití je u půdní reakce, kde sady vykazují bazičtější hodnotu pH, pro teplotu, kde sady vykazují větší teplomilnost, a pro vlhkost, kde jsou sady sušším typem biotopu. Téměř nezatelný vliv je u množství živin, kde vyšší hodnoty vykazují pole. U většiny parametrů pozoruji, že pole a louky tvoří jednu skupinu, od které se v parametrech odlišují sady. Zdá se tedy, že největší rozdíly v datech nejsou mezi bývalými poli a loukami, jak zní prvotní hypotéza, ale mezi sady a všemi ostatními typy historického využití.

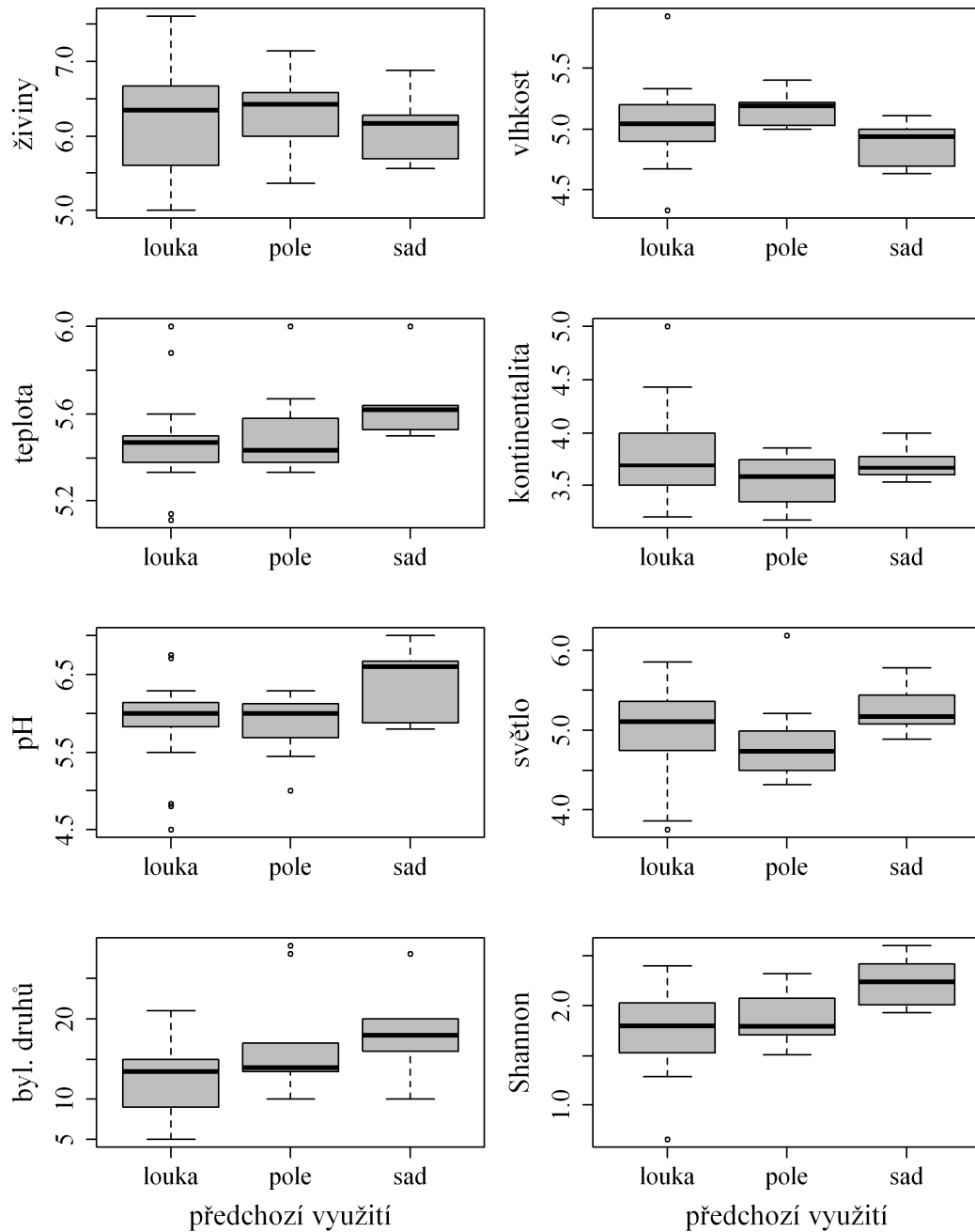
Pokud jde o závislost na charakteru stromového patra, z krabicových diagramů se zdá, že listnaté lesy mají o něco více živin. Jiné závislosti jsem nepozoroval. Naproti tomu množství živin i pH viditelně závisí na geologickém podloží. Metamorfit a sediment jsou výrazně živinově chudší než ostatní horniny. Zároveň jsou také viditelně kyselejší (spolu s žulou) než bazalt a břidlice. Bazalt je přitom nejbazičtější horninou. Z toho mohu učinit dílčí závěr, že složení bylinného patra v mých snímcích patrně těsněji odpovídá očekávané závislosti na kyselosti geologického podloží. Poněkud překvapivé je, že jako živinově bohatý substrát vychází i žula. Je to patrně tím, že souhrnná kategorie „žula“ zahrnuje i hlubinné vyvřeliny s dostatkem živinově bohatých živců. Detailněji jsem tuto otázku ale nezkoumal.

Kvantitativně jsem existenci či neexistenci závislosti na předchozím využití počítal pomocí vestavěné funkce `aoV` jazyka R. Tak jsem zjistil přímo parametr spolehlivosti P pro zamítnutí nulové hypotézy, že daný ellenbergovský parametr na předchozím využití nezávisí. Dostal jsem tyto hodnoty:

Parametr	živiny	vlhkost	teplota	kont.	pH	světlo	byl. dr.	Shannon
P	0,665	0,128	0,222	0,215	0,145	0,294	0,063	0,033

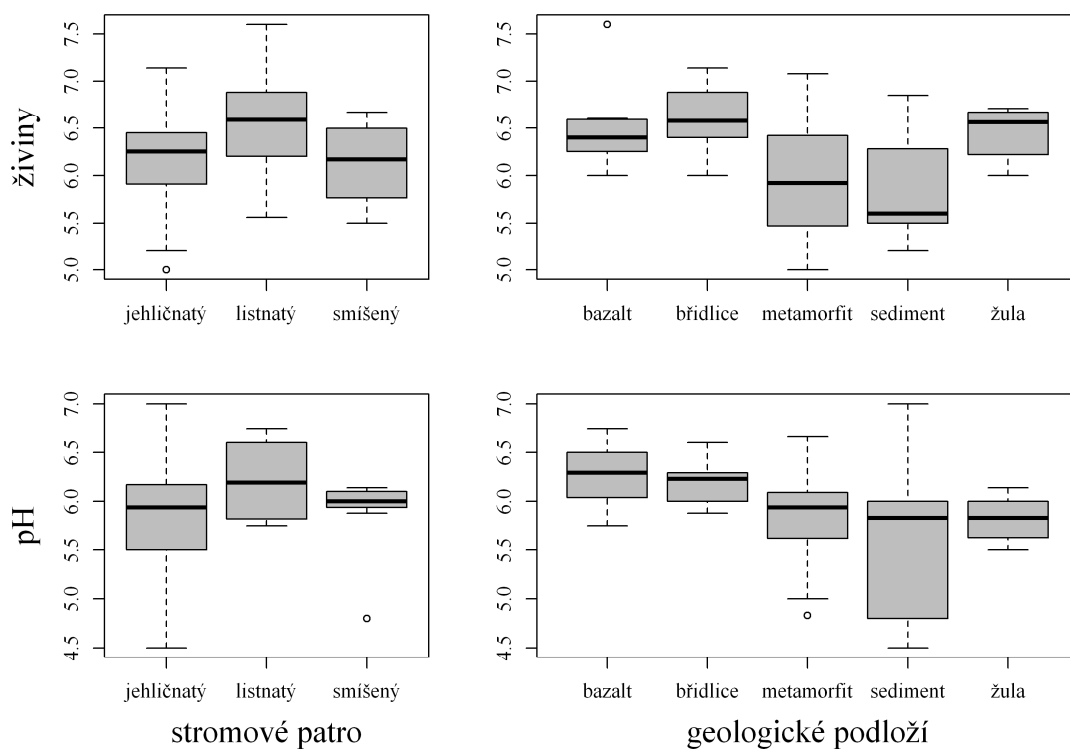
Většinou se závislost považuje za průkaznou, pokud $P < 0,05$. Takto prokázána je tedy jen závislost Shannonova indexu diverzity. Krajní ještě přijatelná hodnota se uvažuje $P < 0,1$. Podle toho je ještě přijatelně prokázána závislost počtu bylinných druhů. Pokud jde o ostatní ellenbergovské parametry, musím konstatovat, že jejich závislost na předchozím využití nebyla prokázána, ačkoli parametry pro vlhkost a pH se mezní hodnotě blíží.

Podobně jsem zpracoval i závislost stejných parametrů na geologickém podloží a na charakteru stromového patra. Neprokázala se závislost žádného z parametrů na charakteru stromového patra. Nejvíce se možné závislosti blížily hodnoty pro živiny, kde jsem zjistil hladinu spolehlivosti $P = 0,20$. Ostatní testy byly ještě méně průkazné. Naproti tomu se prokázala závislost na geologickém podloží u množství živin ($P = 0,048$) a průkazné závislosti se blížila půdní reakce ($P = 0,163$).



Obrázek 5 Ellenbergovské parametry, Shannonův index diverzity a počet druhů v bylinném patře na zkušných plochách klasifikovaných podle předchozího využití.

Zkoumal jsem také vzájemnou souvislost světelného a tepelného požitku s ellenbergovskými parametry lokalit. Zde jsem ale došel k negativnímu závěru: nepozoroval jsem vůbec žádnou korelaci mezi ellenbergovskými parametry (zejména šlo o parametry pro teplo a světlo) a světelným a tepelným požitkem, které jsou vypočteny ze sklonu a expozice. Nejpravděpodobnějším vysvětlením je, že bylinné patro, kryté zapojeným stromovým a často i bujným keřovým patrem, vnímá porostní mikroklíma, které je značně odlišné od mikroklímatu volné plochy, a ozáření dané expozicí a sklonem je zcela vedlejší.



Obrázek 6 Ellenbergovské parametry pro půdní reakci a množství živin na zkusných plochách klasifikovaných podle charakteru stromového patra a podle geologického podloží.

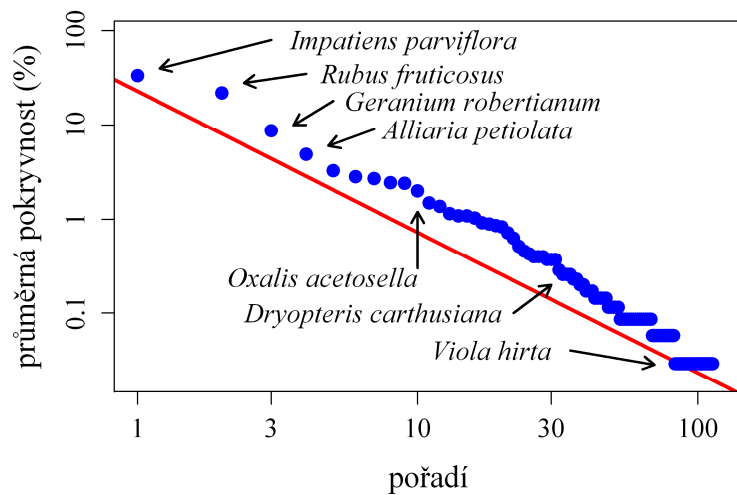
Zipfův graf

Poslední souhrnnou statistikou, kterou jsem na mých datech provedl, bylo vykreslení Zipfova grafu, což v mém případě znamená, že jsem seřadil byliny podle jejich průměrné pokryvnosti a pak vykreslil tuto průměrnou pokryvnost v závislosti na pořadí. Tento typ analýzy četnosti se používá v mnoha oblastech přírodních i společenských věd (Zipf, 1949). Pro přirozené systémy je tato závislost skoro vždy dána mocninným

zákonem. Odchylna od tohoto zákona je většinou známkou toho, že systém je silně narušený nebo zcela umělý (například ekosystém zemědělské monokultury). Moje data uvádí Obrázek 7. Je vidět, že data zhruba odpovídají mocninné závislosti:

$$\text{pokryvnost} \sim (\text{pořadí})^{-3/2}.$$

Z toho usuzuji, že zkoumané lokality představují přírodě blízké fytoceenózy, alespoň z úhlu pohledu kvantitativní statistiky. (Tato analýza samozřejmě nezkoumá, které druhy jsou a které nejsou přítomny, pouze kolik jich je a v jakém jsou kvantitativním poměru.)



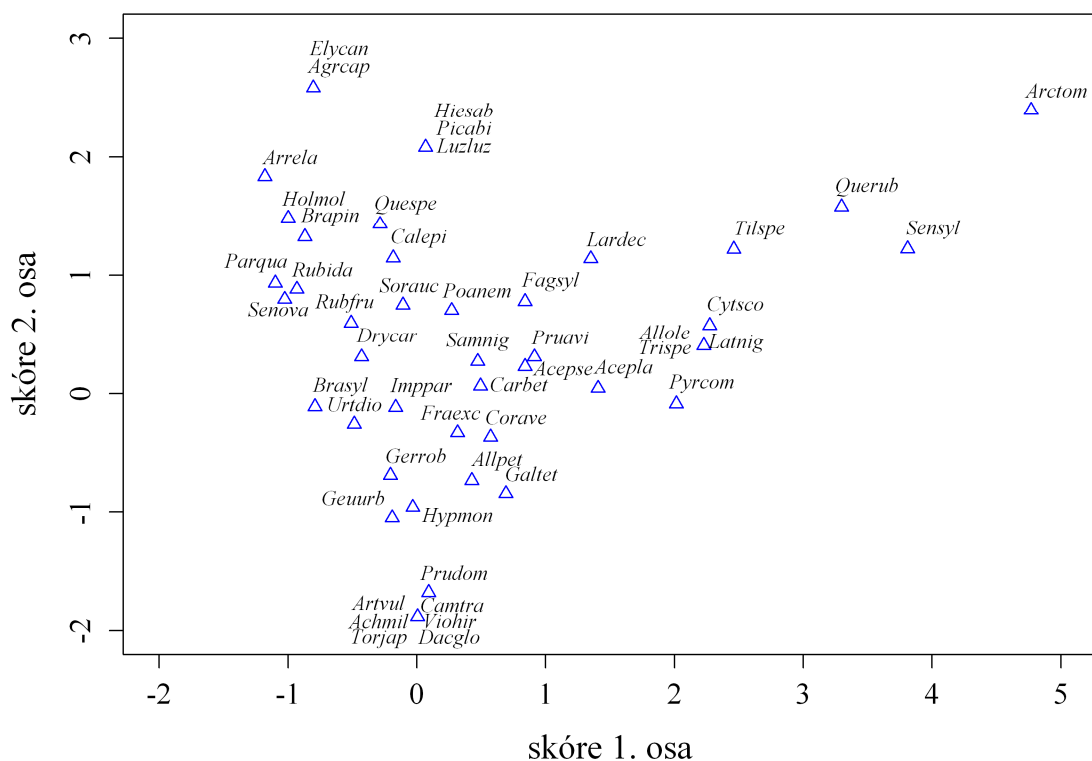
Obrázek 7 Zipfův graf průměrné pokryvnosti druhů v bylinném patře vyjádřený na logaritmické škále. Přímka představuje mocninnou závislost s exponentem $-3/2$. Šipky odkazují na druhy, které jsou 1., 2., 3., 4., 10., 30., a 100. v pořadí.

5.2 Nepřímá gradientová analýza

V nepřímé gradientové analýze jsem vykreslil bylinné druhy, kterých bylo celkem 113, do ordinačního diagramu s prvními dvěma ordinačními osami. Zjednodušený diagram s pouze 50 nejdůležitějšími druhy uvádí Obrázek 8. Úplný diagram se všemi 113 druhy uvádím v Příloze. První osa vysvětluje 10,24 % celkové variace, druhá osa 8,35 % této variace.

Tento diagram je užitečné sledovat současně s diagramem na Obrázku 9, kde vykresluji do stejných os dodatkové proměnné. Z tohoto obrázku můžeme odvodit význam první a druhé ordinační osy. První osa dosti dobře odlišuje lokality s jehličnatou dominantou od lokalit s přítomností či převahou listnatých stromů. Druhá osa není tak zřetelná, ale dá se říci, že zhruba odlišuje lokality s předchozím užitím „louka“ od lokalit užívaných jako pole nebo sad. Zároveň vidíme pozoruhodnou korelaci předchozího užití

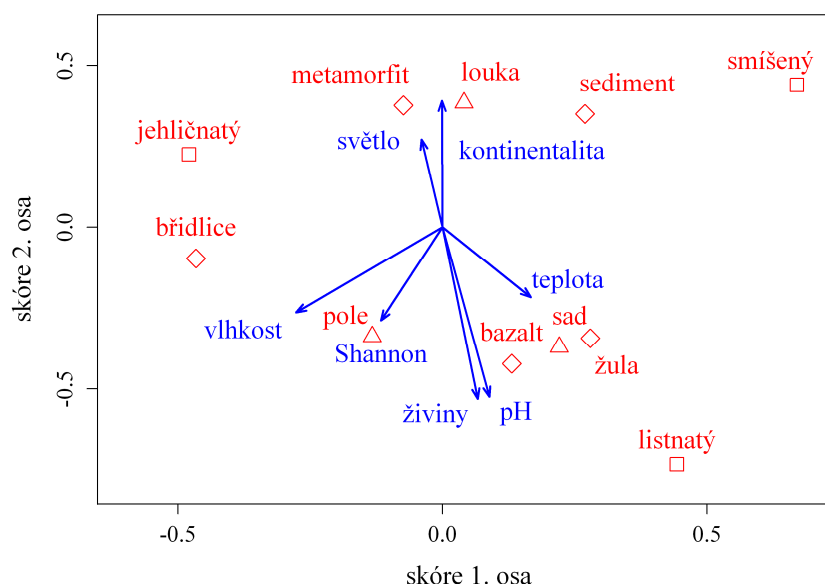
s Ellenbergovskými parametry: louka odpovídá druhům světlomilným a kontinentálněji laděným, což se blíží travním společenstvům spíše stepního charakteru. Bývalé sady jsou korelované s teplomilnými druhy, což může odpovídat tomu, že sady byly zakládány na výhřevnějších místech než louky a pole. Zároveň se zdá, že dvojice pole-sad v tomto ordinačním diagramu odpovídá lokalitám s větším množstvím živin a zároveň bazičtějším. To je víceméně očekávatelný výsledek pro bývalá pole, pro sady to ovšem tak očekávané není. Obecně se z diagramu zdá, že Ellenbergovské parametry nejsou příliš korelované s charakterem stromového patra (až na vlhkost, která se zdá být slabě korelovaná s jehličnatou dominantou) ale více s předchozím užitím. Pokud se týče korelace Ellenbergovských parametrů s geologickým podložím, nepozoroval jsem téměř žádnou, až na pochopitelnou silnou korelaci půdní reakce s bazickými horninami (kategorie „bazalt“, zahrnující, jak už jsem uvedl, i vápenec).



Obrázek 8 Nepřímá gradientová analýza: skóre nejdůležitějších 50 bylinných druhů v prvních dvou ordinačních osách.

Pokud jde o interpretaci jednotlivých druhů, jak je vykresluje Obrázek 8, je například vidět, že druhy jako *Geranium robertianum*, *Alliaria petiolata*, *Geum urbanum*, *Urtica dioica* se vyskytují spíše v okolí centroidu skupiny „pole“, případně „sad“. Naproti

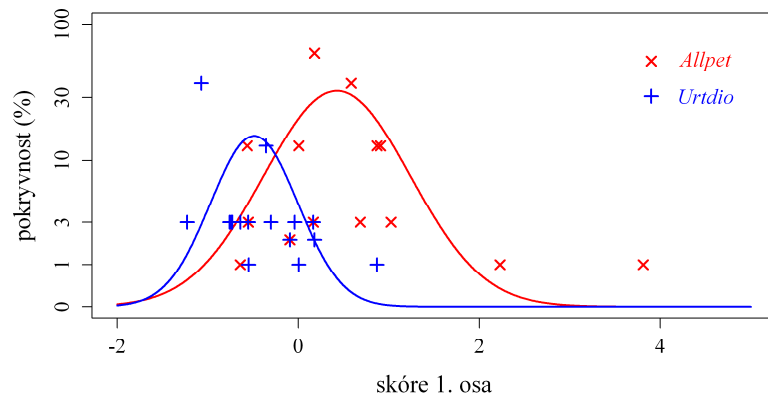
tomu tyto druhy chybí v okolí centroidu skupiny „louka“ a vidíme tam naopak *Poa nemoralis*. To naznačuje, že bývalé pole a sady jsou vyhledávané nitrofilními druhy, kdežto bývalé louky nikoli. Nemůžeme ale přehlédnout také silnou závislost na stromové dominantě. Tak vidíme, že pro jehličnaté lesy je typický *Rubus fruticosus*, *Dryopteris carthusiana*, *Brachypodium sylvaticum*, ale také *Urtica dioica*. Naproti tomu se nezdá, že by smíšené a listnaté lesy odlišovaly nějaké typické bylinné druhy, zato ordinační diagram je v těchto místech dominován semenáčky listnatých stromů a keřů a druhové složení je doplněno druhy vyskytujícími se zřídka, jako například *Allium oleraceum*, *Lathyrus niger*. Přítomnost semenáčků je na jednu stranu přirozená, na druhou stranu to vyvolává otázku, co by se stalo, kdybychom semenáčky listnáčů z analýzy vypustili. Udělal jsem pokus v tomto směru, ale výsledky byly velmi nepřehledné, proto je zde neuvádím.



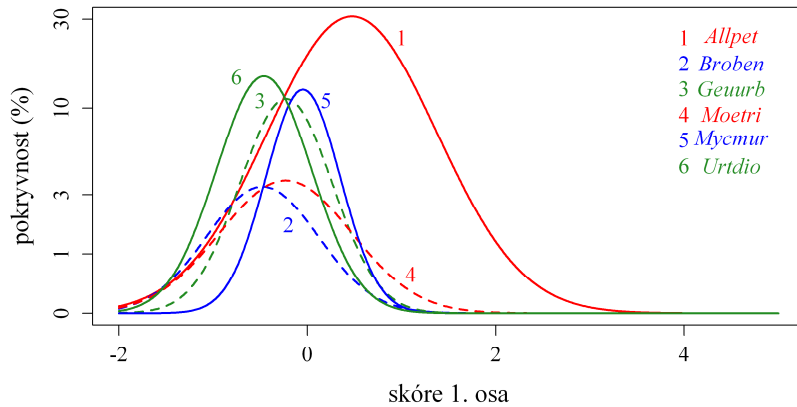
Obrázek 9 Nepřímá gradientová analýza: umístění dodatkových proměnných v ordinačním diagramu.

V rámci nepřímé gradientové analýzy jsem také počítal ekologickou odezvu některých druhů v závislosti na skóre první ordinační osy. Výsledky uvádím v sérii tří obrázků. Obrázek 10 ukazuje, jak typicky probíhalo prokládání Gaussovy křivky body označujícími pokryvnost v procentech. Z tohoto obrázku si můžeme odnést poučení, že Gaussova křivka vystihuje jen ve velmi hrubých obrysech skutečnou ekologickou odezvu druhu na ekologický parametr odpovídající ordinační ose. Náhodný prvek je zde velmi

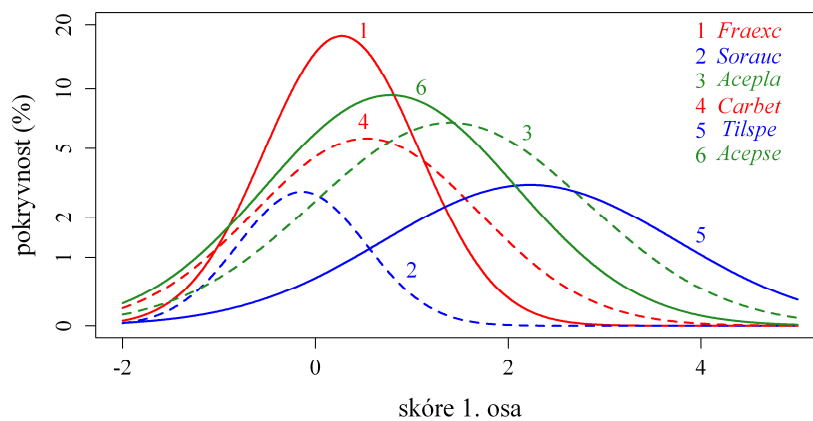
silný. Nicméně provedl jsem proložení Gaussovy křivky pro několik bylinných druhů, jak uvádí Obrázek 11 a pro několik semenáčků listnatých stromů, jak uvádí Obrázek 12.



Obrázek 10 Ekologická odezva: příklad prokládání Gaussovy křivky pro bylinné druhy *Alliaria petiolata* a *Urtica dioica*.



Obrázek 11 Ekologická odezva pro některé významné byliny. (Použité zkratky pro rostlinné druhy jsou uvedeny v Příloze.)



Obrázek 12 Ekologická odezva pro semenáčky listnatých stromů.

Pokud se budu držet interpretace první ordinační osy tak, jak jsem ji uvedl výše, pak směr zleva doprava znamená přechod od jehličnaté k listnaté stromové dominantě. Na ekologické odezvě bylin je pak zajímavé, že např. *Urtica dioica* preferuje spíše jehličnaté lesy, naproti tomu *Alliaria petiolata* spíše listnaté lesy. Nicméně zůstaneme-li u srovnání těchto dvou druhů, vidíme také, že *Alliaria petiolata* má značně širší ekologickou amplitudu. Podobných srovnání můžeme provést více, uvedu jen jeden další příklad: *Geum urbanum* má maximum na téměř stejném místě jako *Moehringia trinervia*, ale ekologická amplituda prvního je výrazně užší, a zároveň hodnota v maximum, tedy maximální pozorovaná pokryvnost, je výrazně vyšší. Z těchto grafů si můžeme vzít poučení, že poloha optima na ose nějakého ekologického parametru je drasticky zjednodušující parametr, který o chování druhu říká jen tu nejzákladnější informaci. Údaje o semenáčcích, jak je uvádí Obrázek 12, mohou interpretovat podobným způsobem. Například je vidět, že *Sorbus aucuparia* výrazně více preferuje jehličnaté lesy, zatímco *Tilia* se vyskytne prakticky jen v listnatých. Zajímavé je také srovnání javorů: ačkoli polohy maxim nejsou příliš daleko od sebe, je vidět, že *Acer pseudoplatanus* se vyskytuje více v jehličnatých lesích než *Acer platanoides*, což je pozorování, které jsem na zkusných plochách registroval již na první pohled.

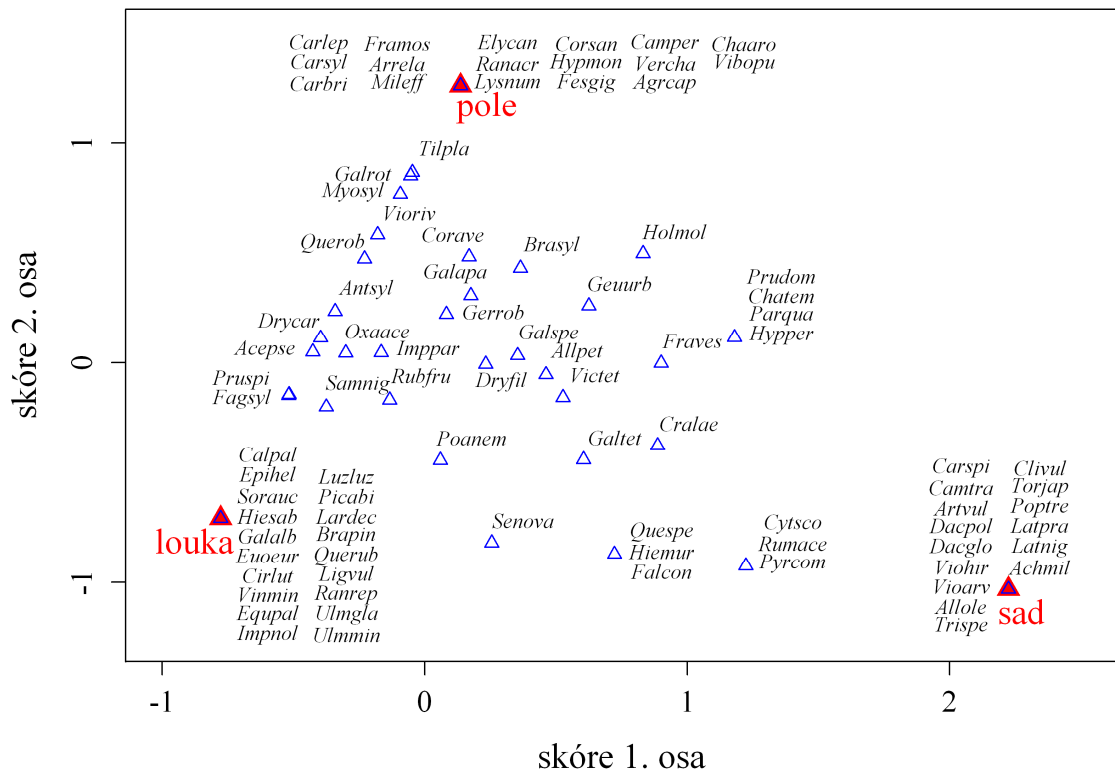
5.3 Přímá gradientová analýza

Podstatou přímé gradientové analýzy je, že poloha ordinačních os je omezená volbou vysvětlujících proměnných. S mými daty je možné volit sadu vysvětlujících proměnných mnoha různými způsoby. Z možností, které jsem vyzkoušel, mi ale připadaly smysluplné jen dvě, které nyní uvedu.

Závislost na předchozím využití

V prvním kroku této analýzy jsem jako jedinou vysvětlující proměnnou zahrnul předchozí využití ploch. To odpovídá hlavní otázce, kterou si klade zadání mé práce. Předchozí využití je kategoriální proměnná s pouze třemi hodnotami, všechny druhy se tedy promítnou do roviny trojúhelníku s vrcholy označenými hodnotami „louka“, „pole“, „sad“. Ordinační diagram, který jsem získal tímto způsobem, vykresluji jako Obrázek 13. První osa vysvětluje 4,30 % variability, druhá osa 2,56 % variability. Polohu dodatkových

proměnných, což jsou všechny ostatní charakteristiky lokalit a jejich Ellenbergovské parametry, vykresluje jako Obrázek 14. Oba tyto obrázky je užitečné sledovat souběžně.

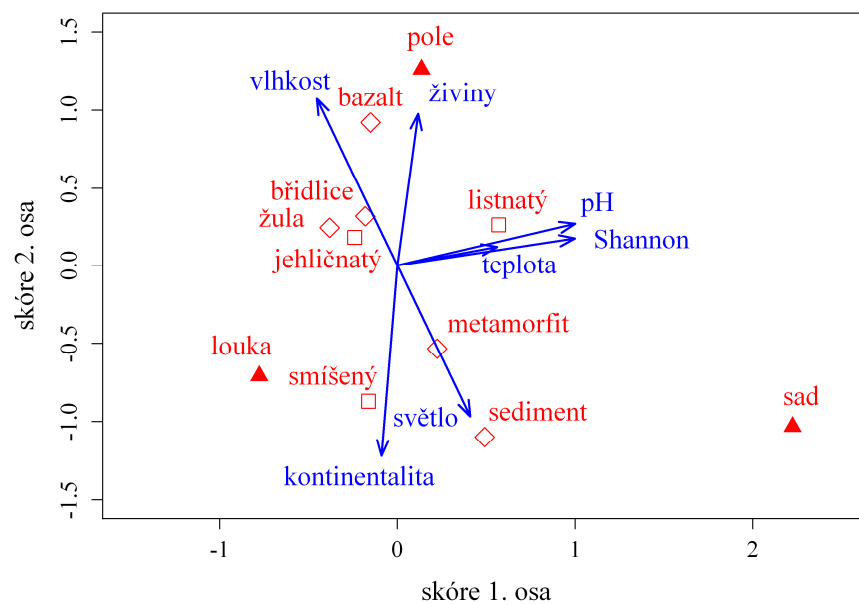


Obrázek 13 Prímá gradientová analýza: skóre nejvýznamnějších 90 druhů v bylinném patře, v případě, že vysvětlující proměnnou je předchozí využití.

Především je zřetelné, že mnoho druhů se shluklo přesně do polohy dané centroidem některého ze tří možností předchozího využití. To jsou samozřejmě ty druhy, které se vyskytují pouze na lokalitách s daným využitím a nikde jinde. Při bližším zkoumání jsem ale zjistil, že jsou to zároveň skoro všechno také druhy, které se vyskytly jen na velmi málo lokalitách, často jen na jediné (např. *Caltha palustris*, *Allium oleraceum*, nebo *Ranunculus acris*), jejich výpovědní hodnota je tedy omezená. Interpretaci diagramu tedy provádím na základě druhů uvnitř trojúhelníku „louka“. „pole“, „sad“. Rozmístění druhů nevykazuje vysloveně jasné trendy. Z toho plyne, základní závěr, že „signál“ pocházející od předchozího využití není příliš silný. Přesto však mírné tendence lze vyvodit. Například eutrofní druhy *Geranium robertianum* a *Galium aparine* jsou posunuty zřetelně směrem k centroidu „pole“. Naproti tomu nenáročná *Oxalis acetosella* a *Dryopteris carthusiana* jsou posunuty poněkud k centroidu „louka“. To nasvědčuje tomu, že hypotéza o větším podílu nitrofilních druhů na bývalých polích je správná. Proti tomu ale svědčí fakt, že vyloženě eutrofní *Alliaria petiolata* je

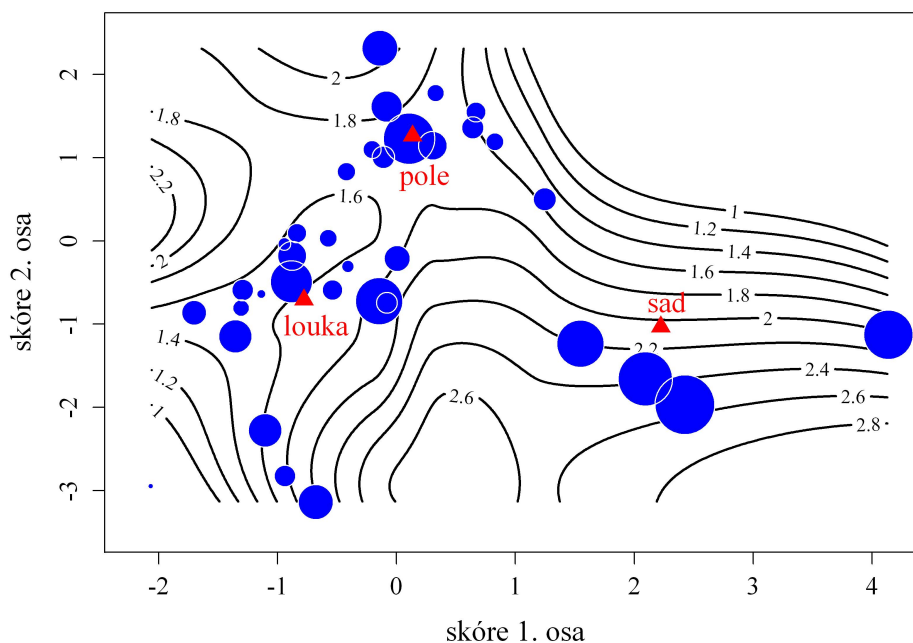
téměř přesně ve středu, nepreferuje tedy žádné ze tří předchozích využití. Také proti tomu svědčí poznatek, že eutrofní *Sambucus nigra* je nejbliže centroidu „louka“.

Než udělám závěr, je potřeba se podívat také na Obrázek 14. Graf zde dokladuje, že ellenbergovské parametry pro živiny a vlhkost směřují jednoznačně k vrcholu centroidu „pole“, zatímco světlo a kontinentalita preferují stejnou měrou „louku“ i „sad“. Dále je zřetelné, že, ačkoli směr není úplně přesný, charakteristiky pro teplotu a Shannonův index diverzity míří v podstatě ve směru k vrcholu centroidu „sad“. To odpovídá novému zjištění, které nebylo obsaženo v prvotní hypotéze, že bývalé sady se vyznačují teplotností s nadprůměrným druhovým bohatstvím. Pokud jde o diverzitu, vykreslil jsem také vrstevnicovou mapu diverzity v Obrázku 15. Z tohoto obrázku je patrné, že rozdíl v diverzitě mezi polem, loukou a sadem není diametrálně odlišný, ale přesto je zřejmé, že bývalé sady mají diverzitu nejvyšší.



Obrázek 14 Přímá gradientová analýza: umístění dodatkových proměnných v ordinačním diagramu, v případě, že vysvětlující proměnnou je předchozí využití.

Závěr z této přímé gradientové analýzy je následující. Zjistil jsem, že vliv předchozího využití na složení bylinného patra je slabý. Přesto však jsem pozoroval, že tento slabý vliv zachycuje trend, který odpovídá prvotní hypotéze, totiž že bývalá pole jsou osídlena spíše eutrofními druhy, a to více než bývalé louky. Pokud jde o bývalé sady, zjistil jsem, že se v nich vyskytuje větší diverzita rostlin a větší podíl teplomilných druhů.



Obrázek 15 Přímá gradientová analýza: Vrstevnicový diagram Shannonova indexu diverzity. Kroužky odpovídají lokalitám, velikost kroužku je úměrná diverzitě.

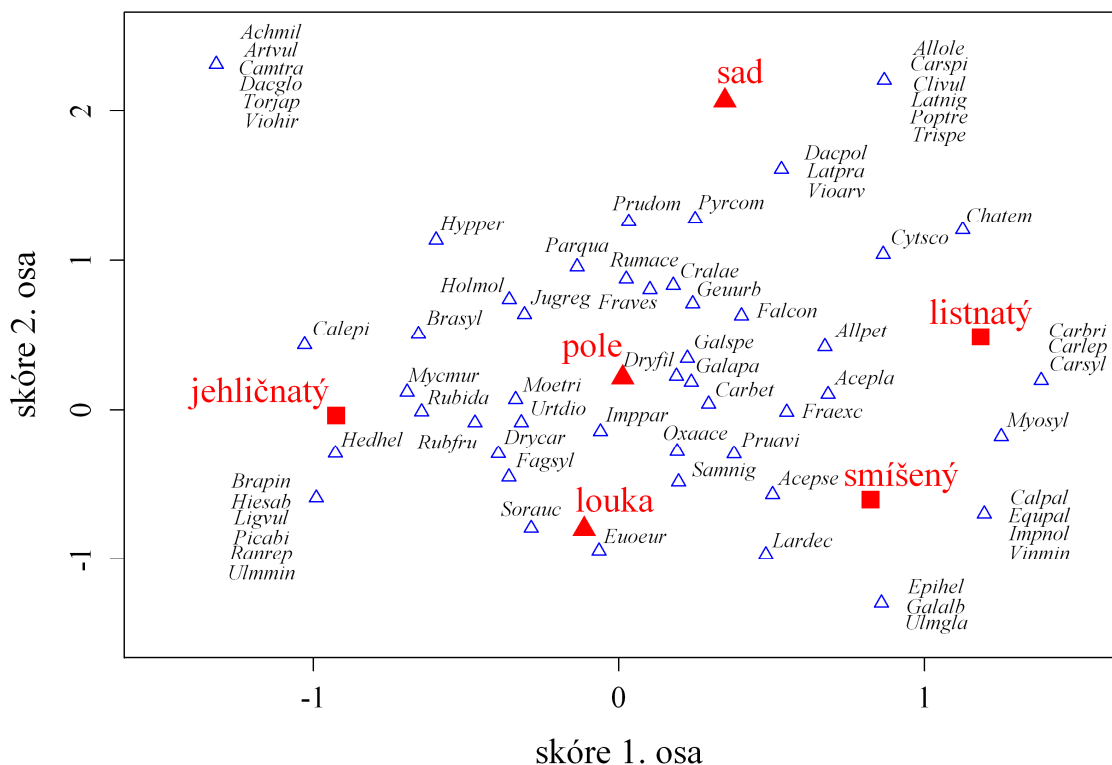
Závislost na předchozím využití a charakteru stromového patra

Druhá závislost, kterou jsem podrobně zkoumal, je ovlivnění současné vegetační skladby vysvětlujícími proměnnými předchozího využití a charakterem stromového patra. Výsledky ukazují Obrázek 16 a Obrázek 17. První osa vysvětluje 5,46 % variability, druhá osa 4,34 % variability. Interpretace ordinačních os je poměrně snadná. První (horizontální, tedy důležitější) osa odlišuje charakter stromového patra, od „jehličnatý“ přes „smíšený“ k „listnatý“. Druhá osa pak odlišuje předchozí využití, v pořadí „louka“, „pole“, „sad“. Druhové složení proto vykazuje silnější závislost na charakteru stromového patra, kdežto předchozí využití má vliv druhotný.

Pokud jde o výskyt konkrétních druhů, vidíme, že *Rubus fruticosus* je charakteristický pro podrost jehličnatých lesů, zatímco *Alliaria petiolata* vyloženě pro listnaté a smíšené lesy. Tím, že diagram klade pole do středu diagramu a louku staví do protikladu k sadu, je obtížné říci něco o prvotní hypotéze, totiž že pole jsou eutrofnější. Nicméně pozoruji, že eutrofní druhy jako *Galium aparine* a *Urtica dioica* jsou spíše ve středu diagramu, poblíž pole, a nikoli poblíž sadu nebo louky. Tam se naopak vyskytují druhy méně živinově náročné, jako *Euonymus europaeus* či *Dactylis polygama*.

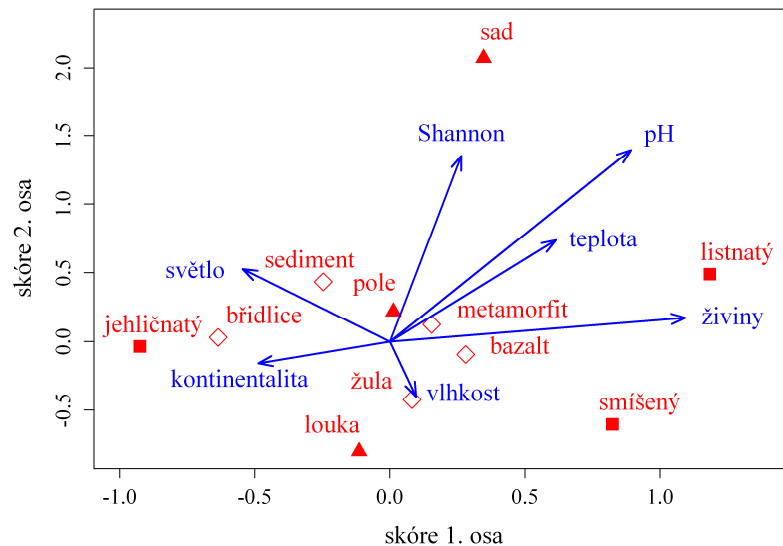
Polohu dodatkových proměnných v ordinačním diagramu ukazuje Obrázek 17. V tomto případě Ellenbergovy proměnné nijak necharakterizují pole ani louku. Naproti

tomu potvrzují, že v i této analýze je „sad“ charakterizovaný vyšší Shannonovou diverzitou a také poněkud větší teplomilností. Jelikož jako dominantní vysvětlující proměnná zde vychází charakter stromového patra, také ellenbergovské proměnné se orientují nejsilněji podle tohoto prediktoru. Tak vidíme, že jehličnaté lesy se vyznačují větší světломilností a kontinentalitou vegetace, což dobře odpovídá tomu, že povětšinou šlo o světlé borové lesy. Naproti tomu více živin vykazují listnaté a smíšené lesy, patrně proto, že listnatý opad je příznivější pro humifikaci.

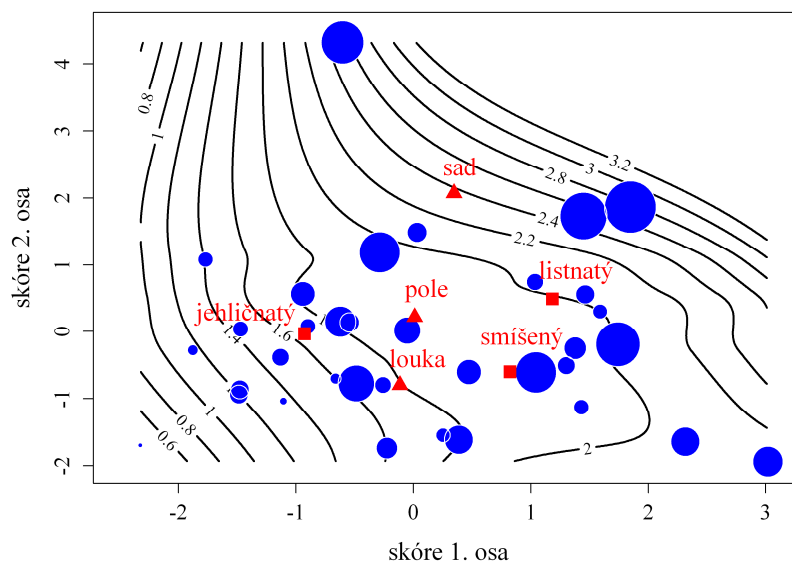


Obrázek 16 Prímá gradientová analýza: skóre nejvýznamnějších 70 druhů v bylinném patře, v případě, že vysvětlující proměnné jsou předchozí využití a charakter stromového patra.

Vrstevnicový diagram diverzity ukazuje Obrázek 18. Na tomto obrázku je dobře patrné, že diverzita stoupá na ose louka → pole → sad. Listnaté a smíšené lesy mají také poněkud větší diverzitu než jehličnaté, ale zde není rozdíl tak velký.



Obrázek 17 Přímá gradientová analýza: umístění dodatkových proměnných v ordinačním diagramu, v případě, že vysvětlující proměnné jsou předchozí využití a charakter stromového patra.

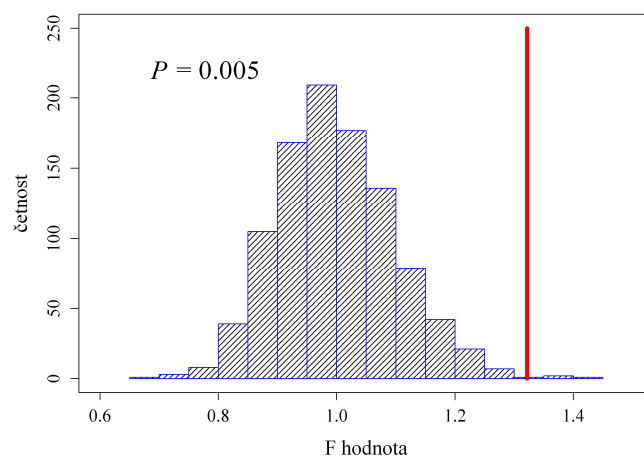


Obrázek 18 Přímá gradientová analýza: Vrstevnicový diagram Shannonova indexu diverzity. Kroužky odpovídají lokalitám, velikost kroužku je úměrná diverzitě.

Permutační test

Když obdržíme ordinační diagram, vždy vzniká otázka, nakolik je rozmístění druhů v něm dílem náhody a do jaké míry reflektuje skutečné ekologické poměry. To se dá odhadnout pomocí permutačního testu. Postup je následující. Každý ordinační diagram je charakterizován určitou hodnotou statistického parametru F . Větší hodnota znamená, že diagram lépe „sedí“ v prostoru vymezeném vysvětlujícími proměnnými. Přímou hodnotu

F nám ale nic neříká. Musíme ji srovnat s hodnotou, která by vznikla na zcela náhodném vzorku. Proto program CANOCO 5 provede náhodné přeházení sloupců a řádků ve fytoecologické tabulce (t.j. náhodnou permutaci) a pro takto permutovaná data se opět najde ordinační diagram a jeho hodnota F . Těchto permutací se provede velký počet (v CANOCO 5 jsem tento počet nastavil na maximum, což je 999) a tím se dostane velký počet hodnot F . Z toho program vypočte, kolik procent z nich přesahuje hodnotu F vypočtenou se skutečnou fytoecologickou tabulkou. Toto číslo P nám říká, s jakou pravděpodobností náhodná permutace lépe sedí než skutečnost. Jinými slovy, s jakou pravděpodobností je náš ordinační diagram chybný. Krajiní hodnota spolehlivosti se bere většinou jako $P = 0,05$, tedy připouští se 5 % pravděpodobnost omylu.



Obrázek 19 Histogram pro permutační test, v případě, že vysvětlující proměnné jsou předchozí využití a charakter stromového patra. Svislá čára označuje hodnotu parametru F pro skutečný ordinační diagram.

Hodnoty F se také vykreslují do histogramu, aby bylo zřetelné, jak mnoho je náhodných F pod hodnotou skutečného F . Histogram jsem vykreslil pro případ vysvětlujících proměnných předchozí využití a charakter stromového patra v Obrázku 19. V tomto případě byla spolehlivost $P = 0,005$, tedy velmi vysoká. Pro srovnání, v případě, že vysvětlující proměnnou bylo jen předchozí využití, jsem zjistil spolehlivost $P = 0,094$, tedy mnohem menší. Provedl jsem tutéž analýzu také v dalších dvou případech. Pokud vysvětlující proměnnou byl jen charakter stromového patra, pak byla spolehlivost $P = 0,004$. Pokud bylo vysvětlující proměnnou pouze geologické podloží, pak jsem zjistil spolehlivost $P = 0,144$, tedy velmi špatnou. Z toho jsem došel k závěru, že proměnnou, která nejlépe vysvětluje druhové složení bylinného patra je charakter stromového patra, na druhém místě pak je předchozí využití. Geologické podloží je jako vysvětlující proměnná bez signifikantního vlivu na vegetační skladbu.

6 Diskuse

Jako první považuji za potřebné zmínit několik obecných pozorování. Především jde o způsob zalesnění bývalých zemědělských ploch. Pozoroval jsem, že bývalá pole i louky byly zalesňovány v první řadě borovicí, méně modřínem, v některých případech dubem, výjimečně smrkem nebo lípou. Naproti tomu u bývalých sadů bylo s největší pravděpodobností zalesnění spontánní, náletovými dřevinami. Současný stav zalesněných ploch se případ od případu dosti lišil.

Většina borovicí zalesněných ploch nejevila žádné známky výchovných zásahů. Tomu odpovídal stav v různých fázích přirozené sukcese, která podle mých pozorování probíhá takto: Pod dosti světlým krytem borovic (či modřínů) se tvoří bujné keřové patro tvořené hlavně bezem černým. Následně vyrůstá v podúrovni náletové patro tvořené zejména habrem a klenem. Toto náletové patro postupně vytlačuje původní borovicí. Tak vzniká smíšený les, kde borovice (či modřín) tvoří tloušťkově největší stromy, početně tvořící ale jen přimíšeninu. Tam, kde byla patrná výchovná péče o borový porost, což ale bylo málokde, vznikl naproti tomu porost kvalitních borovic.



Obrázek 20 Celkový charakter porostu na dvou typických zkušných plochách. Vlevo plocha zalesněná borovicí, vpravo plocha zalesněná dubem.

Plochy zalesněné listnáči, tedy dubem zimním, dubem červeným, v jednom případě lípou, se naproti tomu vyvinuly v kvalitní jednodruhové porosty. Nakolik je to díky výchově, to nejsem schopen posoudit.

Pro ilustraci uvádím na Obrázku 20 fotografie typických lokalit zalesněných borovicí (lokalita č. 7) a dubem zimním (lokalita č. 8).

Pokud jde o druhové složení bylinného patra, nebyly z přímého pozorování znatelné rozdíly mezi plochami bývalých polí a bývalých luk. Naproti tomu již v terénu byl patrný rozdíl v bylinném patře pod jehličnatým a pod listnatým stromovým patrem. Například *Rubus fruticosus* a *Urtica dioica* se vyskytovaly prakticky jen v jehličnatých lesích, kdežto *Carex brizoides* jen v listnatých. Druhy jako *Impatiens parviflora* nebo *Geranium robertianum* byly naproti tomu všudypřítomné, a to většinou s vysokou pokryvností. Zaujala mě také zvláštnost některých lokalit. Tak například na lokalitě zalesněné dubem červeným se vytvořila ne příliš silná, ale zato kompaktní vrstva nadložního humusu, která evidentně brání růstu bylinného patra, takže bylo v tomto případě extrémně chudé. Naproti tomu spontánně zalesněné lokality bývalých sadů, kde stromové patro tvořila bohatá směs javorů klenů a mléče, třešní ptačích, habru, tu a tam dubu, měly na první pohled pestré a velmi různorodé složení bylinného patra. Jedna lokalita se nacházela v potoční olšíně a obsahovala druhy, které se už nikde jinde neopakovaly, jako *Caltha palustris*, *Impatiens noli-tangere*, *Circaea lutetiana*. Všechna tato pozorování mě už v terénu vedla k hypotéze, že je to ve skutečnosti povaha stromového patra, co má na charakter bylinného patra zásadní vliv, a to více než minulé využití zemědělské půdy.

Na tato kvalitativní pozorování jsem navázal kvantitativním zpracováním dat. Nyní přikročím k diskusi těchto matematicky zpracovaných výsledků.

Souhrnné statistiky, ve formě krabicových grafů, ukazují závislost ellenbergovských proměnných na kategorii lokalit. Tyto grafy ukazují, že bývalá pole mají vlhkomilnější vegetaci, a také o málo eutrofnější vegetaci než louky a sady. Naproti tomu historické louky a sady mají dnes kontinentálnější a světlomilnější vegetaci než bývalá pole. Výrazný je vyšší Shannonův index diverzity u bývalých sadů, bývalé sady hostí také teplomilnější vegetaci.

Až potud zjištěné ukazatele víceméně potvrzují startovní hypotézy eutrofnějších a vlhčích bývalých polí a oligotrofnějších a druhově bohatších sadů. Rozdíl v živinách je ale mezi loukami a poli velmi malý. Zvláště uvážíme-li v krabicových grafech šířky rozptylu ellenbergovských proměnných, je patrné, že rozdíly se téměř ztrácejí v rozptylu dat. Z toho jsem nucen učinit závěr, že průměrné hodnoty ellenbergovských parametrů sice naznačují platnost výše uvedených hypotéz, ale rozptyl je příliš velký na to, abych mohl pokládat hypotézy za jasně prokázané. Kvantitativně jsem toto hodnocení rozptylu provedl metodou ANOVA. Přitom se prokázalo, že na hladině významnosti 95 % existuje pouze závislost Shannonova indexu diverzity na předchozím využití. Závislost ostatních ellenbergovských parametrů na předchozím využití není statisticky průkazná.

Podobně dopadly i souhrnné statistiky ellenbergovských proměnných v závislosti na charakteru stromového patra a na geologickém podloží. Ačkoli například krabicové grafy naznačují, že listnaté lesy se vyznačují značně eutrofnější a také poněkud bazifilnější vegetací, ANOVA nepotvrzuje, že by tato zjištění byla statisticky významná. Pokud jde o geologické podloží, pak ANOVA potvrzuje pouze závislost množství živin. Krabicové grafy skutečně ukazují, že tam, kde je podloží bazalt, břidlice nebo žula, roste vegetace náročnější na živiny.

Závěr z těchto analýz je, že mnou získaná data prokazují pouze závislost Shannonova indexu diverzity na předchozím využití, konkrétně že diverzita je výrazně větší v bývalých sadech. O ostatních hypotézách moje data neříkají nic statisticky průkazného. Otázkou nyní je, jak tento „negativní“ závěr interpretovat. Vidím zde několik příčin:

a) Především vzorek 35 lokalit je spíše malý datový soubor. Tento počet se dělí do tří skupin, které navíc nejsou stejně velké, tudíž v jedné skupině je příliš málo lokalit na to, aby byly potlačeny náhodné vlivy a zdůraznil se obecný trend. To odpovídá pozorování, které jsem přímo v terénu odpozoroval, že totiž každá lokalita je ve skutečnosti svérázná a dosti odlišná od všech ostatních. Matematicky to znamená, že rozptyl parametrů lokalit je značný a hledaný trend se v tomto rozptylu ztrácí.

b) Jak uvádí práce (Špulák & Kacálek, 2011), při zalesňovací akci v padesátých a šedesátých letech se vybíraly k zalesnění ty pozemky, které bylo těžké obhospodařovat poloprůmyslovými postupy kolektivizovaného zemědělství. To ovšem byly plochy méně úrodné, kamenité nebo naopak bahnité. Nikoli tedy typická zemědělská půda, nikoli eutrofní stanoviště úrodných polí nebo výslunné stráně vysoce produkčních luk. Proto se tedy ani nedá čekat, že bývalá pole budou nést stopy zvýšené trofnosti, prostě proto, že byla proměněna v les právě kvůli své neúrodnosti. Pak je tedy přirozené, že současná ellenbergovská proměnná pro živiny nevykazuje na bývalých polích výrazně vyšší hodnotu, ale je jen o málo zvýšená ve srovnání s bývalými loukami.

c) Konečně, předchozí práce na podobné téma docházejí k dosti podobnému výsledku. Zatímco rozdíly mezi primárními a postagrárními lesy jsou značné (Compton, et al., 1998; Motzkin, et al., 1996; Vojta & Kopecký, 2006; Vojta, 2007; Kopecký & Vojta, 2009), stejně jako rozdíly mezi intravilánem bývalých sídel a jejich okolní zemědělskou půdou (Dupouey, et al., 2002; Hejcman, et al., 2013), rozdíl mezi různými způsoby obhospodařování historických zemědělských ploch prokázán ve skutečnosti

nebyl vůbec (Vojta & Kopecký, 2006; Vojta, 2007; Kopecký & Vojta, 2009) nebo byl jen velmi malý (Prévosto, et al., 2004).

Po provedení souhrnných analýz jsem provedl detailnější mnohorozměrnou analýzu druhového složení. Konkrétně jsem prováděl nepřímou i přímou gradientovou analýzu s pomocí ordinačních metod CA, respektive CCA, jak je poskytuje program CANOCO 5.

Z těchto výsledků je především patrné, jakou interpretaci lze přisoudit ordinačním osám. První (nejdůležitější) osa, která vysvětluje 10,24 % variability vegetačních dat, odlišuje jehličnaté lesy od lesů smíšených a listnatých. Druhá osa, která vysvětluje 8,35 % variability, pak odlišuje louky od dvojice pole-sad. To již naznačuje, že pravdivá je s velkou pravděpodobností druhá pracovní hypotéza, totiž že bylinné složení závisí více na charakteru stromového patra než na typu minulého využití lokality. Zajímavá je také korelace s ellenbergovskými parametry. Louky korelují s kontinentálnějšími a světlomilnějšími druhy, což se dá dobře pochopit, jelikož luční vegetace ve střední Evropě hostí častěji druhy tvořící podstatný podíl v otevřených porostech stepního charakteru dále na jihovýchodě kontinentu. Sady korelují s teplomilnějšími druhy, což se dá vysvětlit tím, že sady byly zakládány na výhřevných lokalitách poskytujících kvalitní úrodu ovoce. Zároveň je vidět, že dvojice pole-sad koreluje s eutrofnější a bazičtější vegetací. Pole korelují silně s parametrem pro vlhkost. Z toho všeho plyne, že výchozí hypotéza eutrofnějších a vlhčích polí ve srovnání s loukami se skutečně potvrzuje v celkovém charakteru vegetační skladby.

A priori se dá čekat, že tyto korelace budou ještě zřetelnější v přímé gradientové analýze. Provedl jsem nejprve přímou gradientovou analýzu, v níž jedinou vysvětlující proměnnou bylo minulé využití. Problematickou okolností výsledného ordinačního diagramu je však fakt, že velké množství druhů se shluklo přesně na místě centroidu jednotlivých tří kategorií využití. Je to způsobeno tím, že tyto „singulární“ druhy se skutečně vyskytovaly jen a pouze na lokalitách s příslušným minulým využitím. Například pouze na bývalých loukách jsem našel *Hieracium sabaudum*, *Euonymus europaeus*, *Brachypodium pinnatum*. Pouze na bývalých polích *Elymus caninus*, *Hypericum montanum*, *Lysimachia nummularia* a pouze v bývalých sadech *Viola hirta*, *Artemisia vulgaris*, *Viola arvensis*. Naproti tomu všudypřítomné druhy, jako *Impatiens parviflora*, *Geranium robertianum* nebo *Alliaria petiolata* se v diagramu nacházejí zhruba uprostřed trojúhelníku vymezeného centroidy tří kategorií využití.

Nejvíce mě ale zajímalo, jak s využitím korelují ellenbergovské parametry. Výsledky aposteriorní korelace v přímé gradientové analýze ukázaly, že pole skutečně korelují dobře s parametry pro vlhkost a živiny. Naproti tomu světlo a kontinentalita dobře korelují stejnou měrou s historickými loukami a sady. O něco horší, ale přesto zřetelná je korelace sadů s parametrem pro teplotu a se Shannonovým indexem diverzity. Pokud jde o diverzitu, výsledek potvrzuje, že sady mají ze všech tří kategorií minulého užití nejvyšší druhovou diverzitu, i když rozdíly v diverzitě mezi těmito kategoriemi jsou spíše mírné.

Abych posoudil druhou pracovní hypotézu o větším vlivu stromového patra, provedl jsem také přímou gradientovou analýzu, kde vysvětlující proměnné byly jak minulé využití, tak charakter stromového patra. Výsledek prokázal, že v ordinačním diagramu je první osa podél směru skladby stromového patra, v posloupnosti jehličnatý → smíšený → listnatý porost. Naproti tomu druhá osa sleduje posloupnost louka → pole → sad. To podle mého názoru dostatečně prokazuje, že vliv charakteru stromového patra na druhové složení podrostu je primární, kdežto vliv minulého využití je sekundární. To také patrně vysvětluje, proč ellenbergovské parametry v tomto diagramu nejeví žádnou systematickou korelaci s minulým využitím, až na Shannonův index diverzity, který koreluje se sady. Naproti tomu korelace ellenbergovských parametrů s charakterem stromového patra je znatelná: jehličnaté lesy korelují s kontinentalitou a světlem, kdežto listnaté a smíšené s živinami. To se dá poměrně snadno vysvětlit tím, že jehličnaté lesy v tomto vzorku byly převážně světlé borové, případně modřínové porosty, v bylinném patře tedy logicky převažují druhy spíše světlomilné. V těchto lesích se také mnohem méně uplatňuje porostní mikroklima, které by vyhovovalo oceáničtějším druhům. Tím se vysvětluje vyšší kontinentalita těchto lokalit. Pokud jde o živiny, pravděpodobné vysvětlení je takové, že opad v listnatých lesích dává příznivější formy humusu. Analýzu obsahu živin v opadu různých listnatých dřevin uvádí např. práce (Hejcmanová, et al., 2014). I v této přímé gradientové analýze jsem vykreslil vrstevnicový graf diverzity, který opět jasně potvrzuje, že sady mají diverzitu nejvyšší. Také se ale ukazuje, že diverzita stoupá ve směru od jehličnatých lesů k listnatým.

Analýza frekvenčního zastoupení druhů ve fytoecologických snímcích v podobě Zipfova grafu naznačila, že v bylinném patře postagrárních lesů se vytvořilo přirozeně vyhlížející rostlinné společenstvo. To je uspokojivý výsledek, vzhledem k okolnosti, že bylinné patro vzniklo během několika desetiletí přirozeným přísunem semen z okolí a

ustálením populační četnosti druhů jejich vzájemnou interakcí procesy konkurence a facilitace. Křivky ekologické odezvy bylin a semenáčků listnatých dřevin poskytují dodatečné informace, které přímo v ordinačním diagramu nejsou obsaženy. Je to především odhad druhové ekologické amplitudy. V ordinačním diagramu se objeví jen bod, představující teoreticky ekologické optimum druhu v projekci ekologického hyperprostoru. Šířku ekologické amplitudy kolem bodu optima ukazuje šířka křivky, která reprezentuje ekologickou odezvu podél modelovaného gradientu prostředí. Další veličinou, kterou křivka ekologické odezvy ukazuje, je optimální pokryvnost. Tuto pokryvnost představuje výška maxima ekologické odezvy. Tak například *Geum urbanum* a *Moehringia trinervia* mají ekologické optimum na téměř stejném místě na gradientu kvality stromového patra, ale *Moehringia trinervia* má znatelně širší ekologickou amplitudu, při výrazně nižší optimální pokryvnosti. Další situací je modelace ekologické odezvy jasanu a habru: oba druhy mají ekologické optimum téměř na stejném místě, ale habr má značně širší ekologickou amplitudu při značně nižší optimální pokryvnosti. Při této příležitosti se nabízí myšlenka vylepšit ordinační diagram tak, že místo bodů by byly vykresleny kroužky, jejichž poloměr by vyjadřoval ekologickou amplitudu. Pro moje data to ale není v praxi možné, protože u velké části druhů nemám k dispozici dostatek dat na to, abych mohl vykreslit křivku ekologické odezvy. Částečně by to pravděpodobně možné bylo, pokud by se ponechaly pouze často se vyskytující druhy.

7 Závěr

V této práci jsem se zabýval druhovým složením fytoocenóz na lokalitách, které byly nově zalesněny po roce 1954, a to v oblasti středního Posázaví mezi Čerčany a Kácovem. Na základě 35 fytoecologických snímků, které jsem pořídil v květnu až červenci 2019, jsem provedl souhrnnou statistickou analýzu a mnohorozměrnou analýzu, jejímž výsledkem byly ordinační diagramy. Ověřoval jsem závislost druhového složení a z něho odvozených ellenbergovských parametrů lokalit na předchozím zemědělském využití ploch, a následně také na současném charakteru stromového patra a na geologickém podloží. Tím jsem se pokusil zjistit, zda si jednotlivé fytoocenózy i po desetiletích udržují „paměť“ minulého zemědělského obhospodařování.

Výsledky ukazují, že v souhrnných statistikách je zde náznak, že bývalá pole odpovídají i v současnosti vlhkomilnějším a eutrofnějším lokalitám, zatímco bývalé louky a sady jsou i dnes osídleny kontinentálnější a světlomilnější vegetací. Nicméně kvantitativní statistická analýza, kterou jsem provedl, vedla k závěru, že tyto tendence, ačkoli jsou v datech viditelné, nejsou dostatečně statisticky průkazné, aby se z nich dal vyvodit jednoznačný závěr. Jediný statisticky průkazný faktor „paměti“ lokality se ukázala druhová diverzita, která v bývalých sadech výrazně převyšovala pole i louky. Příčinou malé průkaznosti dat je pravděpodobně malý počet studovaných lokalit a tudíž velká váha nahodilých vlivů.

Pokud jde o samotné druhové složení, jak je ukazují ordinační diagramy, tam se vliv minulého využití ukazoval poměrně zřetelně. Bývalá pole dobře korelují s ukazateli pro vlhko a živiny, ukazatele pro světlo a kontinentalitu korelují stejnou měrou s loukami a sady. Zároveň se opět dostatečně průkazně ukazuje, že bývalé sady mají nejvyšší druhovou diverzitu.

Ordinační diagramy však také ukazují, že primárním faktorem ovlivňujícím druhové složení je charakter stromového patra. Minulé zemědělské užití lokality je až faktorem druhotným. Odtud plyne celkový závěr mé práce: faktem je, že v druhovém složení dnešních lesů se i po desetiletích projevuje vliv minulého zemědělského využití. Nicméně tento vliv je do značné míry překryt tím, zda v současnosti na lokalitě roste les jehličnatý, listnatý či smíšený.

Tato práce by se dala dále rozvinout a vylepšit tím, že by zkoumaných lokalit byl větší počet. Tím by se například dal rozlišit vliv minulého využití pro každou z kategorií jehličnatý-smíšený-listnatý porost zvlášť. Se současnými daty to kvůli malému počtu lokalit možné není. Zajímavé by také bylo provést analýzu půdy na každé z lokalit.

Citovaná literatura

- Anonymus, 2013. *DEFRA, Government Forestry and Woodlands Policy Statement*. London: Forestry Commission England.
- Aude, E. & Lawesson, J. E., 1998. Vegetation in Danish beech forests: the importance of soil, microclimate and management factors, evaluated by variation partitioning. *Plant Ecology*, Volume 134, pp. 53–65.
- Bičík, I., 2004. Dlouhodobé změny využití krajiny České republiky. *Život. Prostr.*, Svazek 38, pp. 81–85.
- Compton, J. E. & Boone, R., 2000. Long-term impacts of agriculture on soil carbon and nitrogen in New England forests. *Ecology*, Volume 81, pp. 2314–2330.
- Compton, J. E., Boone, R. D., Motzkin, G. & Foster, D. R., 1998. Soil carbon and nitrogen in a pine-oak sand plain in central Massachusetts: Role of vegetation and land-use history. *Oecologia*, Volume 116, pp. 536–542.
- Česká geologická služba, 2020. *Geologická mapa 1:50 000*, In: *Geovědní mapy 1:50 000*. [Online] Available at: <https://mapy.geology.cz/geocr50>
- Česká geologická služba, 2020a. *Půdní mapa 1:50 000*. [Online] Available at: <https://mapy.geology.cz/pudy>
- Čížek, L., 2012. Active restoration and management of forest habitats. In: I. Jongepierová, P. Pešout, J. W. Jongepier & K. Prach, eds. *Ecological restoration in the Czech Republic*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, pp. 17–19.
- Dambrine, E. et al., 2007. Present forest biodiversity patterns in France related to former Roman agriculture. *Ecology*, Volume 88, pp. 1430–1439.
- Dupouey, J. L., Dambrine, E., Laffite, D. & Moares, C., 2002. Irreversible impact of past land use on forest soils and biodiversity. *Ecology*, Volume 83, pp. 2978–2984.
- Flinn, K. M., Vellend, M. & Marks, P. L., 2005. Environmental causes and consequences of forest clearance and agricultural abandonment in central New York, USA. *Journal of Biogeography*, Volume 32, pp. 439–452.
- Hájek, P., 2008. *Jde pevně kupředu naše zem. Krajina českých zemí v období socialismu 1948–1989*. Praha: Malá Skála.

- Hejzman, M., Karlík, P., Ondráček, J. & Klír, T., 2013. Short-Term Medieval Settlement Activities Irreversibly Changed Forest Soils and Vegetation in Central Europe. *Ecosystems*, Svazek 16, pp. 652–663.
- Hejzmanová, P., Stejskalová, M. & Hejzman, M., 2014. Forage quality of leaf-fodder from the main broad-leaved woody species and its possible consequences for the Holocene development of forest vegetation in Central Europe. *Veget. Hist. Archaeobot.*, Volume 23, pp. 607–613.
- Hejna, A., 1982. Vývoj osídlení v dolním Posázaví a na Benešovsku v době přemyslovské. *Archaeologia historica*, Svazek 7, pp. 185–196.
- Honnay, O., Hermy, M. & Coppin, P., 1999. Impact of habitat quality on forest plant species colonization. *Forest Ecology and Management*, Volume 115, pp. 157–170.
- Jaroš, V., 1980. Rostlinná společenstva vápenců ratajské zóny a středního Posázaví. *Preslia*, Svazek 52, pp. 71–95.
- Kafka, J., 1913. *Kafkův illustrovaný průvodce po Království českém, díl IV. Posázaví*. Praha: Ed. Grégr a syn.
- Kaplan, Z. a další, 2019. *Klíč ke květeně České republiky, 2. vydání*. Praha: Academia.
- Kenderes, K. & Standovár, T., 2003. The impact of forest management on forest floor vegetation evaluated by species traits. *Community Ecology*, Volume 4, pp. 51–62.
- Klika, J., 1965. *Klíč k určování rostlin*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Koblížek, J. & Řepka, R., 2003. *Klíč k určování stanovištně významných lesních rostlin ve vegetativním stavu*. Tišnov: SURSUM.
- Kobrle, A., 1964. Květena střední Sázavy a dolní Želivky. *Preslia*, Svazek 36, pp. 195–207.
- Koerner, W., Dupouey, J. L., Dambrine, E. & M. Benoit, M., 1997. Influence of Past Land Use on the Vegetation and Soils of Present Day Forest in the Vosges Mountains, France. *Journal of Ecology*, Volume 85, pp. 351–358.
- Kopecký, M. & Vojta, J., 2009. Land use legacies in post-agricultural forests in the Doupovské Mountains, Czech Republic. *Applied vegetation science*, Volume 12, pp. 251–260.
- Kucrová, V., 2013. *Zmizelé Čechy - Posázaví*. Praha: Paseka.
- Le Goff, J., 1991. *Kultura středověké Evropy*. Praha: Odeon.
- Lhotská, M., 1968. Příspěvek ke květeně dolního Posázaví II. *Preslia*, Svazek 40, pp. 319–325.

- Lipský, Z., 2000. *Sledování změn v kulturní krajině : učební text pro cvičení z předmětu Krajinná ekologie*. Praha: Česká zemědělská univerzita.
- Marková, Š., 2007. Vliv historie využívání lokality na dnešní lesní vegetaci na příkladu Dobříšska. *Diplomová práce, PřF UK Praha*.
- Matoušek, V., 2010. *Čechy krásné, Čechy mé. Proměny krajiny Čech v době industriální*. Praha: Agentura KRIGL.
- McCune, B. & Keon, D., 2002. Equations for potential annual direct incident radiation and heat load. *Journal of Vegetation Science*, Volume 13, pp. 603–606.
- McLauchlan, K., 2006. The Nature and Longevity of Agricultural Impacts on Soil Carbon and Nutrients: A Review. *Ecosystems*, Volume 9, pp. 1364–1382.
- Moravec, J. & kolektiv, 1994. *Fytocenologie*. Praha: Academia.
- Motzkin, G. et al., 1996. Controlling site to evaluate history: Vegetation patterns of a New England sand plain. *Ecological Monographs*, Volume 66, pp. 345–365.
- Mráz, K. & Samek, V., 1966. *Lesní rostliny*. Praha: SZN.
- Nová, J. & Karlík, P., 2010. Vegetace zaniklých středověkých vesnic Kozelského polesí (Plzeňsko). *Zprávy Čes. Bot. Společ.*, Svazek 45, pp. 93–117.
- Nožička, J., 1957. *Přehled vývoje našich lesů*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství.
- Prévosto, B., Dambrine, E., Moares, C. & Curt, T., 2004. Effects of volcanic ash chemistry and former agricultural use on the soils and vegetation of naturally regenerated woodlands in the Massif Central, France. *Catena*, Volume 56, pp. 239–261.
- R Core Team, 2020. *R: a language and environment for statistical computing*. [Online] Available at: <https://www.R-project.org>
- Regal, V. & Šindelářová, J., 1970. *Atlas nejdůležitějších trav*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství.
- Sádlo, J. a další, 2005. *Krajina a revoluce. Významné přelomy ve vývoji kulturní krajiny českých zemí*. Praha: Malá Skála.
- Svenning, J. C., Baktoft, K. H. & Balslev, H., 2009. Land-use history affects understorey plant species distributions in a large temperate-forest complex, Denmark. In: A. G. Van der Valk, ed. *Forest Ecology*. Berlin: Springer, pp. 221–234.
- Šimeček, V., 1957. Příspěvek ke květeně dolního Posázaví. *Preslia*, Svazek 30, pp. 191–199.
- Špulák, O. & Kacálek, D., 2011. Historie zalesňování nelesních půd na území České republiky. *Zprávy lesnického výzkumu*, Svazek 56, pp. 49–57.

- Štych, P., 2007. Metody hodnocení územních diferenciací dlouhodobých změn využití země. *Miscellanea Geographica*, Svazek 13, pp. 137–142.
- Štych, P., 2010. Hodnocení dlouhodobých změn využití krajiny ve vybraných modelových územích středních Čech. *Bohemia centralis*, Svazek 30, pp. 121–137.
- Ter Braak, C. J. F., 1986. Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, Svazek 67, pp. 1167–1179.
- Thompson Seton, E., 1971. *Dva divoši*. Praha: Albatros.
- Tichý, L., 2002. JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, Volume 13, pp. 451–453.
- ÚHÚL, 2001. *Oblastní plán rozvoje lesů, PLO č. 10, Středočeská pahorkatina*. Brandýs nad Labem: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů.
- ÚHÚL, 2020. *Oblastní plány rozvoje lesů - webové aplikace*. [Online] Available at: <http://geoportal.uhul.cz/mapy/MapyOpri.html>
- Van Eetvelde, V. & Antrop, M., 2004. Analyzing structural and functional changes of traditional landscapes - two examples from Southern France. *Landscape and Urban Planning*, Svazek 67, pp. 79–95.
- Vlasák, T., 2017. Fytogeografická analýza rozšíření vybraných xerotermofilních taxonů bylin podél kaňonu Sázavy ve středních Čechách. *Diplomová práce, ČZU Praha*.
- Vojta, J., 2007. Relative importance of historical and natural factors influencing vegetation of secondary forests in abandoned villages. *Preslia*, Volume 79, pp. 223–244.
- Vojta, J. & Kopecký, M., 2006. Vegetace sekundárních lesů a křovin Doupovských hor. *Zprávy Čes. Bot. Společ.*, Svazek 41, pp. 209–225.
- Vrška, T., 2012. Forests. Introduction. In: I. Jongepierová, P. Pešout, J. W. Jongepier & K. Prach, eds. *Ecological restoration in the Czech Republic*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, pp. 13–16.
- Wulf, M. & Kelm, H. J., 1994. Zur Bedeutung "historisch alter Wälder" für den Naturschutz - Untersuchungen naturnaher Wälder im Elbe-Weser-Dreieck. *NNA-Berichte*, Volume 3, pp. 15–50.
- Zajíčková, L., 2011. Od zemědělské krajiny k novodobým pralesům. *Živa*, Issue 4, pp. 155–158.
- Zipf, G. K., 1949. *Human behavior and the principle of least effort*. Cambridge: Addison-Wesley.

Přílohy

Seznam příloh

- Příloha 1:** Tabulky fytoocenologických snímků, s uvedením zkratk názvů rostlin a s rozlišením stromového, keřového a bylinného patra. 65
- Příloha 2:** Tabulka lokalit, na kterých byly zaznamenány fytoocenologické snímky, s uvedením jejich vypočtených (programem Juice) ellenbergovských parametrů a světelného a tepelného požitku. 69
- Příloha 3:** Úplný ordinační diagram pro nepřímou gradientovou analýzu, s uvedením všech 113 druhů bylinného patra. 70

Příloha 1 tabulka fytoocenologických snímků

Stromové patro

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
<i>Acer tataricum</i> s.l.	Acetat3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Acer platanoides</i>	Acepla3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Acepse3	.	.	4	.	5	.	.	.	.	+	.	r	.	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.
<i>Alnus glutinosa</i>	Alnglu3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.
<i>Betula pendula</i>	Betpen3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	Carbet3	+	.	.	.	+	.	.	.	.	r	.	r	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Crataegus laevigata</i> agg.	Cralae3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fagus sylvatica</i>	Fagsyl3	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	Fraexc3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.
<i>Juglans regia</i>	Jugreg3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.
<i>Larix decidua</i>	Lardec3	.	.	r	.	+	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	+	4	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	5	.	.	.
<i>Picea abies</i>	Picabi3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	4	r	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.
<i>Pinus sylvestris</i>	Pinsyl3	4	4	.	4	.	4	4	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	r	.	.	4	4	4	4	5	+	.	.	r	r	5
<i>Populus tremula</i>	Poptre3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Prunus avium</i>	Pruavi3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	r	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Prunus domestica</i>	Prudom3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.
<i>Quercus petraea</i>	Quepet3	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	r	4	r	r	.	r	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Quercus robur</i>	Querob3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Quercus rubra</i>	Querub3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Salix caprea</i>	Salcap3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.
<i>Sorbus aucuparia</i>	Sorauc3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tilia cordata</i>	Tilcor3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.
<i>Tilia platyphyllos</i>	Tilpla3	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.
<i>Ulmus minor</i>	Ulmmin3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.

Keřové patro

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Acepse2	.	.	.	r	.	+	.	.	.	r	.	.	.	+	.	.	r	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.
<i>Betula pendula</i>	Betpen2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	Carbet2	.	.	.	r	r	.	.	+	.	.	r	+	r	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Corylus avellana</i>	Corave2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	+	.	.	.	r	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	r	r	.	.	.
<i>Crataegus laevigata</i> agg.	Cralae2	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	r	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	r	r
<i>Fagus sylvatica</i>	Fagsyl2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	Fraexc2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ligustrum vulgare</i>	Ligvul2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Picea abies</i>	Picabi2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Prunus avium</i>	Pruavi2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	r	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.
<i>Prunus spinosa</i>	Pruspi2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.
<i>Quercus petraea</i>	Quepet2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Quercus robur</i>	Querob2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.
<i>Salix caprea</i>	Salcap2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sambucus nigra</i>	Samnig2	.	5	.	r	.	5	4	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	r	.	r	.	r	.	.	r	5	.	r	r	5	+	.	.	.	+
<i>Sorbus aucuparia</i>	Sorauc2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	+	r	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	r	.	.
<i>Tilia platyphyllos</i>	Tilpla2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Viburnum opulus</i>	Vibopu2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Bylinné patro

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
<i>Abies alba</i>	Abialb	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Acer platanoides</i>	Acepla	.	.	+	.	r	r	r	r	.	.	r	.	r	.	r	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Acepsc	.	.	+	r	+	+	+	r	r	r	.	r	.	+	r	r	r	.	r	.	.	+	.	r	.	.	r	.	.	.	.	.	.	r	+	.
<i>Agrostis capillaris</i>	Agrcap	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Achillea millefolium</i>	Achmil	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r
<i>Alliaria petiolata</i>	Allpet	.	.	+	.	.	.	.	4	+	.	r	.	r	r	r	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	+	.	r	+	+	.	
<i>Allium oleraceum</i>	Allole	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Anthriscus sylvestris</i>	Antsyl	.	.	.	.	.	r	+	r	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Arctium tomentosum</i>	Arctom	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Arrhenatherum elatius</i>	Arrela	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Artemisia vulgaris</i>	Artvul	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r
<i>Brachypodium pinnatum</i>	Brapin	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	r	.	.	r	.	.	
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	Brasyl	.	r	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	r	.	r	r	r	.	r	.	r
<i>Bromus benekenii</i>	Broben	.	.	.	.	.	.	.	.	+	r	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Calamagrostis epigejos</i>	Calepi	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	+
<i>Caltha palustris</i>	Calpal	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Campanula persicifolia</i>	Camper	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Campanula trachelium</i>	Camtra	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r
<i>Carex brizoides</i>	Carbri	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex leporina</i>	Carlep	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex muricata</i> agg.	Carmur	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex spicata</i>	Carspi	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex sylvatica</i>	Carsyl	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	Carbet	r	r	+	r	r	r	r	+	.	r	r	+	r	+	.	.	r	r	.	.	.	r	r	r	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.
<i>Circaea lutetiana</i>	Cirlut	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Clinopodium vulgare</i>	Clivul	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cornus sanguinea</i>	Corsan	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Corylus avellana</i>	Corave	.	.	.	.	.	r	.	r	.	.	r	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	r	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Crataegus laevigata</i> agg.	Cralae	.	.	r	.	.	+	.	.	.	.	r	.	r	r	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	r	
<i>Cytisus scoparius</i>	CytSCO	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dactylis glomerata</i>	Dacglo	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r
<i>Dactylis polygama</i>	Dacpol	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dryopteris carthusiana</i>	Drycar	r	.	.	r	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	r	.	.	.	r	r	r	r	r	.	r	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dryopteris filix-mas</i>	Dryfil	.	r	r	.	.	r	r	.	r	r	r	.	r	.	r	.	r	r	r	.	.	.	r	.	.	r	r	.	r	.	.	.	.	r	.	.
<i>Elymus caninus</i>	Elycan	r
<i>Epipactis helleborine</i>	Epihel	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Equisetum palustre</i>	Equipal	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Euonymus europaeus</i>	Euoeur	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fagus sylvatica</i>	Fagsyl	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.
<i>Fallopia convolvulus</i>	Falcon	r	r	r	.	.
<i>Festuca gigantea</i>	Fesgig	r
<i>Fragaria moschata</i>	Framos	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fragaria vesca</i>	Fraves	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	r	.	.	.	r	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	Fraexc	.	.	r	.	.	+	+	+	+	r	r	r	r	r	.	.	r	r	.	r	.	r	r	r	r	.	r	.	.	.	r	.	r	+	.		
<i>Galeopsis</i> sp.	Galspe	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	r	.	r	r	.	.	r	r	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.

<i>Galeopsis tetrahit</i>	Galtet	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	r . . . . .	. . . . .	. . . . . r r
<i>Galium album</i> ssp. <i>album</i>	Galalb	. . . . .	. . . . . r	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Galium aparine</i>	Galapa	. r	+ r r r .	. . . . . r .	. . . . .	r r .	. . . . .	r
<i>Galium odoratum</i>	Galodo	. . . . .	r r r	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Galium rotundifolium</i>	Galrot	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Geranium robertianum</i>	Gerrob	. . . . .	r + 5 . .	. . . . . r . . .	. . . . . r . . .	. . . . . r r + .	r + + . . +	+ . . . r +
<i>Geum urbanum</i>	Geurb	. . . . .	+ r r + .	. . . . . r . . .	. . . . . r . . .	. . . . . r . . .	. . . . . r . . .	r +
<i>Hedera helix</i>	Hedhel	. . . . .	r . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Hieracium murorum</i>	Hiemur	. . . . .	. . . . .	. . . . . r . . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Hieracium sabaudum</i>	Hiesab	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r . . .
<i>Holcus mollis</i>	Holmol	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r r . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Hypericum montanum</i>	Hypmon	. . . . .	r r + . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Hypericum perforatum</i>	Hypper	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r . . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . . r
<i>Chaerophyllum aromaticum</i>	Chaaro	. . . . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Chaerophyllum temulum</i>	Chatem	. . . . .	. . . . . r . . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Impatiens noli-tangere</i>	Impnol	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Impatiens parviflora</i>	Imppar	+ r r r .	4 4 5 5 +	. . . . . r + + .	r r . .	4 5 4 4 +	5 r 5 r r	r + + 5 .
<i>Juglans regia</i>	Jugreg	. . . . .	. . . . .	r . . . .	. . . . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Larix decidua</i>	Lardec	. . . r . r	. . . . . r	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r . . .
<i>Lathyrus niger</i>	Latnig	. . . . .	. . . . .	r . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Lathyrus pratensis</i>	Latpra	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Ligustrum vulgare</i>	Ligvul	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Lonicera periclymenum</i>	Lonper	. . . . . r .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Luzula luzuloides</i>	Luzluz	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r . . .
<i>Lysimachia nummularia</i>	Lysnum	. . . . .	r . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Milium effusum</i>	Mileff	. . . . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Moehringia trinervia</i>	Moetri	. . . . . r . . .	r r . . .	. . . . . r . . .	. . . . . r r . . r	. . . . .	r r . .	. . . . . r . . .
<i>Mycelis muralis</i>	Mycmur	. . . . . r . . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . . r . . .	. . . . . + r . . .	. . . . . r . . .	. . . . . + . . . r
<i>Myosotis sylvatica</i>	Myosyl	. . . . .	. . . . . r r . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Oxalis acetosella</i>	Oxaace	. . . . . r . .	+ r r	. . . . . r . . .	r r r . . +	r r . . r r	. . . . .	. . . . . r . . .
<i>Paris quadrifolia</i>	Parqua	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r . . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Picea abies</i>	Picabi	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r . . .
<i>Poa nemoralis</i>	Poanem	. . . . .	. . . . .	r r r + .	. . . . . r r r	. . . . .	. . . . .	. . . . . + . . . r r
<i>Populus tremula</i>	Poptre	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	r
<i>Prunus avium</i>	Pruavi	r r	. . . . .	. . . . . r	r r r . .	r . . . .	. . . . . r	. . . . . r r . .
<i>Prunus domestica</i>	Prudom	. . . . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r . . .
<i>Prunus spinosa</i>	Pruspi	. . . . . r . . .	. . . . . + . . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . .	r r . .	. . . . .
<i>Pyrus communis</i>	Pyrcom	. . . . .	. . . . .	r r	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r . . .
<i>Quercus petraea</i>	Quepet	. . . . .	. . . . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . .	r . . . .	. . . . .
<i>Quercus robur</i>	Querob	. . . . . r r r .	r r . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Quercus rubra</i>	Querub	. . . . . r r	. . . . .	. . . . . r	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Quercus</i> sp.	Quespe	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r . . .
<i>Ranunculus acris</i>	Ranacr	. . . . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Ranunculus repens</i>	Ranrep	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r	. . . . .	. . . . .
<i>Ribes</i> sp.	Ribspe	. . . . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r	. . . . .	. . . . . r . . .
<i>Rosa canina</i>	Roscan	. . . . .	r . . . .	. . . . . r r . .	. . . . .	r r . .	. . . . . r r . . r	. . . . .
<i>Rubus fruticosus</i> agg.	Rubfru	4 + + + .	+ r . . . 5	r r . .	r r 5 5	. . . . . + r r 5	+ + r 5 r	r + + r .
<i>Rubus idaeus</i>	Rubida	. . . . .	r r . . .	. . . . . r . . .	. . . . . r r +	. . . . . +	. . . . .	. . . . .
<i>Rumex acetosa</i>	Rumace	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Sambucus nigra</i>	Samnig	r . . . .	. . . . . r . . .	. . . . . r r	r r r . .	r + r . .	. . . . .	. . . . . r . . .
<i>Senecio ovatus</i>	Senova	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r . . +	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Senecio sylvaticus</i>	Sensyl	. . . . .	. . . . .	. . . . . r	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .

<i>Sorbus aucuparia</i>	Sorauc	. . . . .	. . . . . r	. . . . . r .	r . . . . .	. . . r r . .	. r . . r . .	. r r . . .
<i>Stellaria media</i>	Stemed	. r r . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. r . r . .	. . . . .	. . . . .
<i>Tilia platyphyllos</i>	Tilpla	. . . . .	r r . . . .	. . . . . r .	. r . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Tilia sp.</i>	Tilspe	. . . r r	. . . . .	r	r	r . . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Torilis japonica</i>	Torjap	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r
<i>Trifolium sp.</i>	Trispe	. . . . .	. . . . .	r . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Ulmus glabra</i>	Ulmgl	. . . . .	. . . . . r	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r .
<i>Ulmus minor</i>	Ulmmin	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. r . . . . .	. . . . .
<i>Urtica dioica</i>	Urt dio	r r r . . .	r + + + r	. . . . .	. . . r . r	. . . . r . .	r . r . . r	. . r . . r
<i>Veronica chamaedrys</i>	Vercha	. . . . .	. r . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Viburnum opulus</i>	Vibopu	. . . . .	. r . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Vicia tetrasperma</i>	Victet	. . . . .	r r	. . . r . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Vinca minor</i>	Vinmin	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . r . .	. . . . .	. . . . .
<i>Viola arvensis</i>	Vioarv	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . r . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Viola hirta</i>	Viohir	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r
<i>Viola riviniana</i>	Vioriv	. . r . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. + . . . . .	. . . . .	. . . . . r .

Příloha 2

Tabulka lokalit

lokality	datum snímku	východní délka (°)	severní šířka (°)	expozice (°)	sklon (°)	předchozí využití	charakter strom. patra	geologické podloží	Shannonův index	světlo	teplota	kontinentalita	vlhkost	pH	živiny	světelný požitek	tepelný požitek
1	11.05.2019	14,7407	49,8573	280	10	louka	jehličnatý	břidlice	1,31	4,80	5,50	3,80	5,25	6,00	6,40	0,8114	0,8740
2	11.05.2019	14,7387	49,8495	260	12	pole	jehličnatý	břidlice	1,53	4,75	5,67	3,86	5,20	6,17	7,14	0,8349	0,8996
3	25.05.2019	14,8555	49,8900	96	28	louka	listnatý	bazalt	1,87	4,92	5,88	3,92	5,00	6,29	6,60	0,7519	0,5858
4	25.05.2019	14,8711	49,8932	220	10	louka	jehličnatý	sediment	1,53	4,75	5,60	4,00	5,00	4,50	5,20	0,8897	0,9090
5	25.05.2019	14,8697	49,8944	232	7	louka	smíšený	sediment	1,42	5,71	5,40	4,43	4,80	6,00	5,60	0,8735	0,8957
6	01.06.2019	14,8520	49,8811	46	14	pole	jehličnatý	bazalt	2,00	4,73	5,53	3,56	5,06	6,00	6,00	0,7269	0,6913
7	01.06.2019	14,8388	49,8966	38	13	pole	jehličnatý	bazalt	2,10	5,12	5,56	3,65	5,29	6,08	6,40	0,7270	0,7048
8	01.06.2019	14,8384	49,8964	40	13	pole	listnatý	bazalt	1,80	5,21	5,60	3,86	5,22	6,29	6,58	0,7294	0,7044
9	15.06.2019	14,9031	49,8607	140	7	pole	listnatý	metamorfit	1,51	4,31	5,36	3,38	5,20	5,82	6,59	0,8827	0,8429
10	15.06.2019	14,9022	49,8615	144	12	louka	smíšený	metamorfit	2,03	4,67	5,38	3,64	5,15	6,09	5,93	0,8984	0,8330
11	15.06.2019	14,8933	49,8808	94	30	sad	listnatý	metamorfit	1,93	5,08	6,00	3,67	4,63	6,67	5,56	0,7318	0,5569
12	16.06.2019	14,9457	49,8372	20	5	pole	listnatý	bazalt	1,72	4,46	5,43	3,85	5,11	5,75	6,20	0,8056	0,8070
13	16.06.2019	14,8949	49,8825	145	28	sad	listnatý	metamorfit	2,60	5,44	5,62	3,53	4,69	5,80	5,69	0,9137	0,7676
14	22.06.2019	14,8479	49,8945	20	20	louka	smíšený	metamorfit	2,34	5,44	5,50	3,63	5,00	6,11	6,43	0,6219	0,6274
15	22.06.2019	14,8442	49,8941	165	14	louka	listnatý	bazalt	0,65	5,13	5,57	3,50	5,14	6,75	7,60	0,9204	0,8661
16	22.06.2019	14,8643	49,8960	275	15	louka	smíšený	sediment	1,78	3,86	5,50	3,67	5,20	4,80	5,50	0,7921	0,8831
17	29.06.2019	14,9773	49,7922	324	19	pole	listnatý	metamorfit	2,32	4,31	5,44	3,31	5,22	6,00	7,08	0,6565	0,7589
18	29.06.2019	14,9660	49,7836	12	10	sad	smíšený	metamorfit	2,24	5,17	5,53	3,60	5,11	5,88	6,17	0,7449	0,7566
19	29.06.2019	14,9618	49,7827	330	16	pole	jehličnatý	metamorfit	1,77	6,18	5,33	3,60	5,40	5,00	5,91	0,6842	0,7649
20	30.06.2019	15,0700	49,7857	20	28	louka	jehličnatý	sediment	2,19	5,33	5,40	4,00	5,33	5,83	6,85	0,5167	0,5243
21	15.07.2019	14,7034	49,8755	0	12	pole	smíšený	žula	1,70	4,85	5,40	3,38	5,00	6,00	6,56	0,7170	0,7463
22	15.07.2019	14,7150	49,9439	340	10	pole	jehličnatý	žula	2,05	4,54	6,00	3,17	5,00	5,63	6,00	0,7464	0,7897
23	15.07.2019	14,7192	49,9446	332	16	louka	jehličnatý	žula	1,58	5,09	5,38	3,20	5,00	5,50	6,71	0,6802	0,7586
24	16.07.2019	14,8891	49,8017	320	8	louka	listnatý	metamorfit	1,95	5,18	5,44	3,71	5,92	6,09	6,41	0,7832	0,8288
25	16.07.2019	14,9482	49,7820	296	12	pole	jehličnatý	metamorfit	1,79	4,86	5,43	3,62	5,00	5,45	5,36	0,7743	0,8508
26	21.07.2019	14,7264	49,8376	140	14	louka	jehličnatý	břidlice	1,56	5,36	5,50	3,40	4,90	6,29	6,00	0,8977	0,8186
27	21.07.2019	14,7314	49,8418	110	17	louka	jehličnatý	bazalt	1,82	5,85	6,00	3,73	4,86	6,71	6,30	0,8417	0,7340
28	21.07.2019	14,7395	49,8477	220	16	louka	jehličnatý	žula	1,83	4,33	5,14	3,33	5,13	5,83	6,22	0,9003	0,9309
29	22.07.2019	14,7358	49,8373	222	18	louka	jehličnatý	metamorfit	1,29	5,75	5,33	5,00	4,33	6,00	5,00	0,8990	0,9371
30	22.07.2019	14,7378	49,8377	172	11	pole	jehličnatý	břidlice	2,14	4,55	5,33	3,27	5,18	6,29	6,45	0,9130	0,8773
31	22.07.2019	14,7379	49,8367	210	17	sad	listnatý	břidlice	2,42	4,89	5,50	3,78	5,00	6,60	6,88	0,9156	0,9297
32	23.07.2019	14,7916	49,9344	168	18	louka	jehličnatý	metamorfit	1,72	5,23	5,11	4,42	4,67	4,83	5,00	0,9330	0,8684
33	23.07.2019	14,7979	49,9331	166	10	louka	jehličnatý	břidlice	2,40	3,75	5,50	3,27	5,20	5,88	6,70	0,9064	0,8683
34	23.07.2019	14,7994	49,9204	138	6	louka	smíšený	žula	2,11	4,93	5,44	3,54	5,09	6,14	6,67	0,8781	0,8433
35	23.07.2019	14,8067	49,9215	124	15	sad	jehličnatý	sediment	2,01	5,78	5,64	4,00	4,94	7,00	6,28	0,8724	0,7789

Příloha 3

Úplný ordinační diagram pro nepřímou gradientovou analýzu CA, s uvedením všech 113 druhů bylinného patra.

