

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa



Fakulta lesnická
a dřevařská

**Stabilita funkčních skupin druhů cévnatých rostlin v
podrostu mladých lesů ve středním Posázaví v závislosti na
historickém využití pozemků**

Diplomová práce

Autor: František Slanina

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

2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. František Slanina

Lesní inženýrství

Název práce

Stabilita funkčních skupin druhů cévnatých rostlin v podrostu mladých lesů ve středním Posázaví v závislosti na historickém využití pozemků

Název anglicky

Stability of functional groups of vascular plants in the undergrowth of recent forests in the Posázaví region in the dependence on historic management

Cíle práce

Hlavním cílem práce, která navazuje na bakalářskou práci, je porovnání druhové skladby a pokryvnosti jednotlivých bylinných druhů mladých lesů, ve kterých byly pořízeny fytoocenologické snímky v roce 2019. Zkoumané lesy vznikly zalesněním pozemků po opuštění jejich dlouhodobého tradičního využívání obvykle po polovině 20. století. V této případové studii bude hodnocen potenciální rozdíl v projevu tzv. funkčních skupin bylinných druhů v závislosti na dvou kontrastních způsobech využití pozemků ve studované oblasti (orná půda vs travinobylinný porost). Přidanou hodnotou studie je provedení této komparace v časovém odstupu tří let, kdy budou moci být případné detekované rozdíly vztaheny k projevu aktuálního počasí: rok 2019 byl posledním suchým rokem v pětileté řadě, rok 2022 naopak následuje po dvou srážkově nadnormálních letech. Pracovní hypotézou je předpoklad pozitivní reakce (sub)nitrofilních druhů bylin na někdejších polích a naopak stabilnější bylinný podrost v oligotrofnější vegetaci vyvinuté na někdejších travinobylinných biotopech.

Metodika

Zkoumané lokality mladých lesů se nacházejí v krajině středního Posázaví. K dispozici je 35 lokalit, z toho 12 lokalit na bývalé orné půdě a 23 lokalit na bývalých travinobylinných biotopech, včetně sadů. Doporučeno je zvýšit velikost této datové sady, a to zejména o porosty mladých lesů na bývalé orné půdě. Na každé lokalitě bude zopakován fytoocenologický snímek na čtvercové ploše o velikosti 10×10 m ve stejné poloze jako v roce 2019. Fytoocenologická data budou uložena do databáze v programu TURBOVEG. Výsledné zápisy se budou kalibrovat pomocí Ellenbergových indikačních hodnot v analytickém programu JUICE. Bylinné druhy budou přiřazeny k funkčním skupinám vybraným dle dostupných databází (BIOLFLO, LEDA, TRY). Souhrnná analýza bude provedena pomocí mnohorozměrných statistických metod (analýza hlavních komponent PCA a přímá gradientová analýza) v programu Canoco 5, využita bude i jednoduchá analýza variance (ANOVA) v programu STATISTICA.

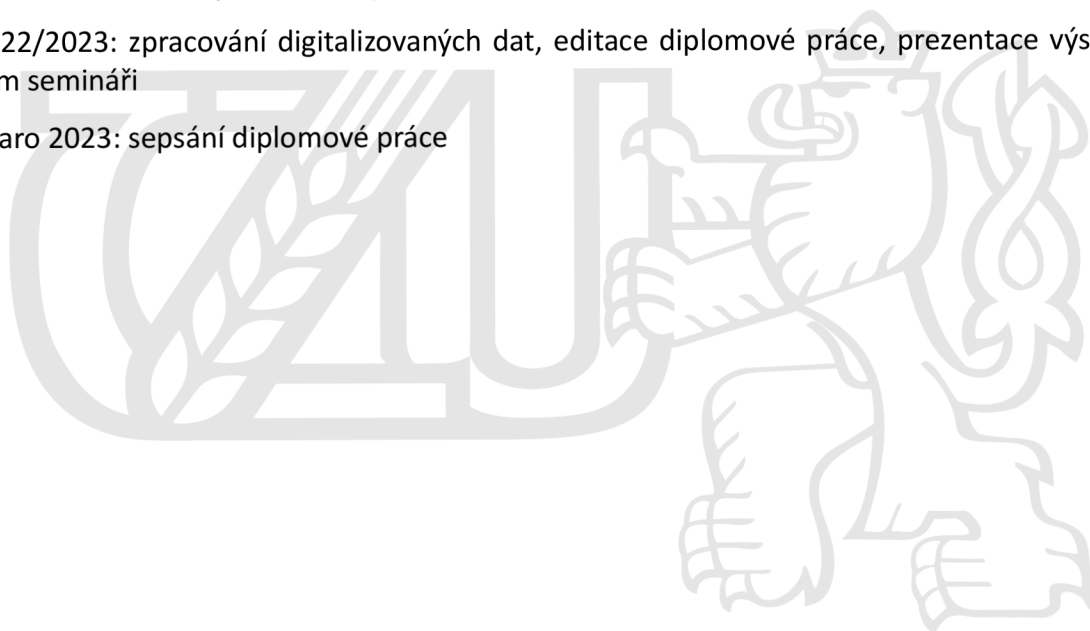
Harmonogram zpracování:

Jaro – léto 2022: rešerše literatury, pořízení fytoocenologických snímků

Podzim 2022: digitalizace terénních dat, rešerše databází k přiřazení funkčních skupin druhů, průběžné konzultace se školitelem při statistických analýzách

Zima 2022/2023: zpracování digitalizovaných dat, editace diplomové práce, prezentace výsledků na katedrovém semináři

Zima – Jaro 2023: sepsání diplomové práce



Doporučený rozsah práce

Předpokládá se rozsah textu v délce 40–80 stran (řádkování 1,5; bez příloh)

Klíčová slova

Vegetační dědictví, časová změna, historický vliv, eutrofizace, biodiverzita, sukcese, fluktuace společenstev, edafické podmínky, srážkový režim, funkční skupiny rostlin, mladé lesy

Doporučené zdroje informací

- Blondeel H., Perring M.P., De Lombaerde E., Depauw L., Landuyt D., Govaert S., Maes S.L., Vangansbeke P., De Frenne P. & Verheyen K. (2020): Individualistic responses of forest herb traits to environmental change. – *Plant Biology* 22: 601–614.
- Brumelis G., Artistova A., Elferts D., Kasparinskis R., Nikodemus O., Amatniece V., Rendenieks Z. (2019): Effects of stand-level and landscape factors on understorey plant community traits in broad-leaved forest of the boreo-nemoral zone in Latvia. – *Forest Ecology & Management* 434: 264–278.
- 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.
- Han X., Huang J. & Zang R. (2022): Soil nutrients and climate seasonality drive differentiation of ecological strategies of species in forests across four climatic zones. – *Plant Soil* 473: 517–531.
- Kattge J., Bönisch G., Díaz S. et al. (2020): TRY plant trait database – enhanced coverage and open access. – *Global Ecology & Biogeography* 26: 119–188.
- Klotz, S., Kühn, I., Durka, W. [eds] (2002): BIOLFLOR – Eine Datenbank zu biologisch-ökologischen Merkmalen der Gefäßpflanzen in Deutschland. – *Schriftenreihe für Vegetationskunde* 38: 1–334.
- 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.
- 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.
- Vanneste T., Valdés A., Verheyen K. et al. (2019): Functional trait variation of forest understorey plant communities across Europe. – *Basic & Applied Ecology* 34: 1–14.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 23. 6. 2022

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 31. 8. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 06. 09. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Stabilita funkčních skupin druhů cévnatých rostlin v podrostu mladých lesů ve středním Posázaví v závislosti na historickém využití pozemků“ vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil, a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 4. dubna 2024

Podpis autora: František Slanina

Poděkování

Chtěl bych touto formou poděkovat především vedoucímu své práce, Mgr. Tomáši Černému, Ph.D. za trpělivé a ochotné vedení ve všech fázích vzniku této práce.

Můj dík patří také mé rodině, a to především mé manželce, která mě ze všech svých sil podporovala během mého studia a během práce na mé diplomce, dále mé sestře, která mi poskytla logistickou podporu v určité důležité fázi studia, i staršímu synovi za cenné odborné informace v oboru chemie, i mladšímu synovi za pomoc s informačními technologiemi.

Stabilita funkčních skupin druhů cévnatých rostlin v podrostu mladých lesů ve středním Posázaví v závislosti na historickém využití pozemků

Souhrn

Na bývalých zemědělských pozemcích, zalesněných po roce 1954, jsme zkoumali druhové složení a funkční vlastnosti rostlin bylinného patra nových lesů. Provedli jsme fytoocenologické snímkování na 35 vybraných lokalitách v oblasti středního Posázaví. Taktéž jsme na těchto lokalitách odebrali a analyzovali půdní vzorky. Prováděli jsme srovnání s výsledky fytoocenologického snímkování na identických lokalitách v roce 2019. Rozdíly mezi roky 2019 a 2023 jsme interpretovali na základě meteorologických dat. Ukázalo se, že některé funkční vlastnosti rostlin, zejména vlastnosti asimilačního aparátu, vykazují silnou závislost na předchozím využití bývalého zemědělského pozemku, existuje tedy měřitelný odkaz předchozího hospodaření. Taktéž jsme pozorovali v čase stabilní závislost některých funkčních vlastností, například počátku kvetení nebo uspořádání listů do růžic, na charakteru stromového patra. Rozdíly mezi roky 2019 a 2023 se projeví zejména ve vlastnostech listů, zejména v obsahu dusíku, fosforu a sušiny v listech. Tato závislost dobře koresponduje s meteorologickými daty. Získané závěry potvrzují metodologickou výhodnost práce s funkčními vlastnostmi rostlin, čímž se rozšiřuje naše pochopení fungování lesních ekosystémů v časové dynamice a v závislosti na historickém způsobu obhospodařování.

Klíčová slova: minulé využití půdy; mladé lesy; fytoocenologické snímkování; funkční vlastnosti rostlin

Stability of functional groups of vascular plants in the undergrowth of recent forests in the Posázaví region in the dependence on historic management

Summary

We studied species composition and functional traits of understory vegetation of recent forest originating from afforestation of former agricultural lands after the year 1954. We took full phytosociological relevés at 35 selected plots in the region along the Sázava river, together with soil samples. We compared the plant composition to that obtained at identical plots in the year 2019. We interpreted the differences on the basis of meteorological data. Several functional traits, especially those connected to the properties of assimilation tissues, exhibit strong dependence on former land use. Therefore, there is a measurable legacy of former land management on the functional profile of vegetation. We also observed temporally stable dependence of several functional traits, e. g. beginning of flowering and leaf rosettes, on the character of the canopy. Differences between the data from 2019 and 2023 show themselves especially in the properties of leaves, namely in the nitrogen and phosphorus content and in the leaf dry matter content. This dependence correlates well with meteorological data. The conclusions we gained confirm the advantages of the methodology based on functional traits of plants, which helps us to better understand of forest ecosystems functioning in its temporal dynamics and also in the dependency on a historical management type.

Keywords: former land use; recent forests; phytosociological relevés; functional traits of plants

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Cíle práce	10
3	Literární rešerše	11
3.1	Ekologie orientovaná na funkční vlastnosti rostlin.....	11
3.2	Využití funkčních vlastností	13
3.3	Zdroje dat o funkčních vlastnostech rostlin	17
4	Metodika	19
4.1	Vymezení zájmového území a výběr lokalit.....	19
4.2	Fytocenologické snímkování	22
4.3	Půdní vzorky a jejich laboratorní analýzy	25
4.4	Práce s databázemi funkčních vlastností	27
4.4.1	Databáze Bioflor	28
4.4.2	Databáze LEDA	30
4.4.3	Databáze TRY.....	32
4.4.4	Shrnutí.....	33
4.5	Meteorologická data	33
4.6	Statistická analýza dat.....	34
5	Výsledky	37
5.1	Předběžný krok: meteorologická data.....	37
5.2	Fytocenologické snímkování	38
5.2.1	Datové soubory	38
5.2.2	Celkové statistiky.....	39
5.2.3	Nepřímá gradientová analýza	44
5.2.4	Přímá gradientová analýza.....	48
5.3	Půdní rozbory.....	51

6	Diskuse.....	55
7	Závěr	60
	Citovaná literatura	61
	Seznam obrázků	65
	Seznam tabulek.....	66
	Seznam příloh.....	66
	Přílohy	67

1 Úvod

Ekosystémy, už svou podstatou a z definice, jsou struktury. U struktur hraje podstatnou, ne-li primární, roli vztah mezi elementárními jednotkami. Součástky, z nichž se struktura, v našem případě ekosystém, „skládá“, nejsou sice v pozadí, ale všímáme si víc jejich zaměnitelnosti a zastupitelnosti než jejich jedinečné individuality. Tak hovoříme o prvcích, které v ekosystému hrají určitou strukturální roli, například o parazitoidech, aniž bychom nutně specifikovali jejich druhovou specifitu, a to proto, že nás v tuto chvíli nezajímá, který konkrétní lumek napadne housenky bekyně velkohlavé, ale spíš jak účinné toto napadení bude. Přirozeně, oba pohledy, tedy druhově specifický a strukturální, se navzájem doplňují, ale tím spíše můžeme v konkrétní situaci volit ten pohled, který je právě výhodnější.

Tentýž strukturální pohled budeme v této práci aplikovat na konkrétní, úzce specifikované problémy ekologie lesa. Navazujeme přitom na naši bakalářskou práci (Slanina, 2021), která se zabývala druhovým složením bylinného patra mladých lesů ve středním Posázaví, v závislosti na historii stanovišť. Zde na tuto práci navazujeme ze strukturálního hlediska a to konkrétně studiem funkčních vlastností bylinného patra (spíše než zastoupením specifických druhů) a to v závislosti na prostorové i časové rozdílnosti, tedy podle charakteru lokalit a roku pozorování. Časové rozlišení je přitom provedeno tím, že se pozorování z vegetační sezóny 2023 srovnávají s nově interpretovanými snímky pořízenými v roce 2019 pro účely naší bakalářské práce.

Na tomto místě cítíme potřebu vysvětlit a také poněkud ospravedlnit důraz, který klademe na strukturální metodu. Strukturální biologie či rovnou biologický strukturalismus se totiž v minulém půlstoletí stal námětem vzrušených polemik. Častá výtky, že někdo pro stromy nevidí les, se proti strukturalismu obrátila ve stylu hodnocení, že „pro les nevidí stromy“. Je proto podle našeho názoru potřeba říci o biologickém strukturalismu, potažmo o strukturalismu obecně, několik základních informací. V následujícím se opíráme o přehled, který sestavil Anton Markoš (Markoš, 2000). Strukturalismus vnímá diverzitu přírody především geometricky, jako soustavu tvarů, které jsou diktovány především vnitřní nutností a fyzikálními zákonitostmi, viz např. (Gould & Lewontin, 1979). Tyto tvary pak vývojem přecházejí jedny v druhé na základě racionálně poznatelných pravidel. Nezbyvá zde žádný, nebo jen minimální prostor pro

náhodou. Hovoří se tedy o racionální morfologii. To se ovšem dá ihned zobecnit na jakékoli vlastnosti, nikoli výhradně na geometrické tvary, ale i na funkce a další rysy. Možné živé tvary pak tvoří strukturu potencialit, které jsou v reálné přírodě realizovány konkrétními druhy. Biologického strukturalistu ale nezajímají tyto konkrétní druhy, ale právě jen jejich systém. Strukturou je zde celý systém živých tvorů, a to nejen těch existujících, ale i těch, které by jen v principu existovat mohly. Optika se tedy převrací: není to tak, že by se struktura „skládala“ z jednotlivých prvků, ale naopak, jednotlivé prvky jsou vnějším projevem struktury. Struktura je prvotní, biologické druhy jsou až druhotné. Tento možná abstraktní jazyk si lze snadno přeložit do srozumitelné podoby pomocí standardního pojmu ekologické niky. Z pohledu strukturalismu není ekosystém soustavou živých tvorů a jejich prostředí na daném místě, ale soustavou nik, které jsou až druhotně obsazovány těmi nebo oněmi biologickými druhy. Bylo velmi nešťastné, že tvůrcové tohoto pohledu se následně dostali do prudkého konfliktu s neodarwinismem, což, abychom parafrázovali náš pramen (Markoš, 2000), „nebylo potřeba“.

Kromě toho, že považujeme strukturální přístup za plodný tam, kde se drží svých přirozených mezí (a dává si pozor, aby je nepřekračoval), bychom rádi poukázali na širší kontext, v rámci něhož vznikl. Strukturalismus byl totiž už dlouhou dobu uznávaným metodickým vodítkem v celé řadě humanitních oborů a odtamtud se také do biologie přenesl. Nebyla to jen lingvistika F. de Saussura a R. Jakobsona (de Saussure, 1989), ale i obecná historie (Le Goff, 1991) nebo takzvaná archeologie vědění (Foucault, 1987). Obecné principy strukturalismu shrnul G. Deleuze v krátké, ale hutné brožurce (Deleuze, 1993) která by mohla sloužit jako metodická příručka každého strukturalisty, ať je jeho vědní obor jakýkoli.

V naší diplomové práci se přístup strukturální biologie projeví v tom, že budeme zkoumat soubory funkčních vlastností rostlin (De Bello, et al., 2021), které zaznamenáme na zkoumaných lokalitách, místo abychom zkoumali každý rostlinný druh zvlášť. Tato cesta má podle nás tu přednost, že druhy, které hrají v ekosystému stejnou nebo podobnou funkční roli, seskupuje přirozeným způsobem do skupin. Tyto skupiny pak vyjadřují strukturu ekosystému lépe (přínejmenším tak zní náš předpoklad) než pouhý seznam existujících druhů s jejich pokryvnostmi. Má to dvojí výhodu, že se jednak sníží celkový objem hrubé informace, přičemž se nesníží, ale naopak zvýší relevantnost této informace.

Aby tento přístup fungoval, je nutno kromě sběru terénních dat, který provedeme standardními postupy, jak jsme to již prováděli pro účely naší bakalářské práce, vyjasnit tři metodické otázky. Především je to otázka, co jsou ony funkční vlastnosti, které

determinují ekologickou strukturu, která nás zajímá. Následně je to praktický problém, jakým způsobem získat hodnoty těchto funkčních vlastností. A konečně, otázka, které z nepřeberné množiny funkčních vlastností jsou pro nás zajímavé a vhodné k analýze.

Těmto otázkám se budeme věnovat v metodické části této práce, která bude následovat po stručném přehledu dostupné literatury o výzkumech, které šly již dříve touto cestou. Po metodické části bude následovat představení našich výsledků, jejich diskuse a závěrem se kromě shrnutí pozitivních poznatků o konkrétním souboru vybraných lokalit budeme snažit odpovědět na otázku, zda se v tomto konkrétním bádání strukturální přístup osvědčil či ne, případně v jakém ohledu a do jaké míry.

2 Cíle práce

Tato práce si klade za cíl zkoumat bylinné patro lesů založených po roce 1954 na bývalých zemědělských pozemcích a to z pohledu funkčních vlastností rostlin. Hlavním metodickým nástrojem bude fytoecologické snímkování podle zásad Curyšsko-Montpelliérské školy na předem vybraných zkusných plochách, nacházejících se ve středním Posázaví, v pruhu mezi Čerčanami a Kácovem. To bude pak následováno analýzou kvantitativních i kvalitativních funkčních vlastností. Hodnoty těchto vlastností se budou přebírat z volně dostupných databází LEDA, Bioflor a TRY. Vedlejším ale zároveň prvním cílem práce bude vypracování metodiky práce s těmito databázemi, a to zejména identifikace rozumně malého a přitom co nejvíce reprezentativního souboru funkčních vlastností. Hlavním cílem pak bude pomocí takto nalezeného souboru funkčních vlastností identifikovat nejvýraznější rozdíly mezi zkusnými plochami. Ty se liší jednak předchozím využitím (orná půda vs. travobylinný porost) jednak charakterem stávajícího stromového patra. Kromě toho je cílem odhalit rozdíly mezi snímky z roku 2019 a z roku 2023, provedenými na identických plochách, a to v korelaci s průběhem teplot a srážek v relevantních obdobích roku. Přitom se budou testovat tyto pracovní hypotézy:

- a) bohatší srážky a nižší teploty v roce 2023 oproti 2019 se projeví na větším využití živin v sezóně roku 2023
- b) rozdíly mezi lokalitami se z funkčních vlastností projevují nejvíce ve vlastnostech asimilačních orgánů
- c) rozdíly v charakteru stávajícího stromového patra se nejvíce projeví na fenologické skupině a počátku kvetení.

3 Literární rešerše

3.1 Ekologie orientovaná na funkční vlastnosti rostlin

V bakalářské práci (Slanina, 2021) jsme se věnovali druhovému složení bylinného patra v nově založených lesích na bývalé zemědělské půdě. V této diplomové práci je naším cílem posunout důraz nikoli na samotné bylinné druhy, ale na jejich funkční vlastnosti, jako je například výška nebo velikost listů. Ekologie založená na funkčních vlastnostech se stala v posledním desetiletí moderním směrem bádání (De Bello, et al., 2021). Prvním krokem tedy musí být samotná identifikace funkčních vlastností. Zde narážíme na první problém, jak totiž funkční vlastnosti definovat. Občas se totiž pojem funkčních vlastností směšuje s pojmem ekologických nároků rostlin. Oba pojmy se při analýze rostlinného pokryvu používají, často současně, ale je nutno mezi nimi rozlišovat. Funkční vlastností se rozumí měřitelná nebo identifikovatelná vlastnost každého jednotlivce daného druhu. Tak například plocha listu nebo počet průduchů na cm^2 budou funkční vlastnosti. Podobně také transpirační koeficient, který je v principu měřitelný na každé jednotlivé rostlině, i když obtížně, bude funkční vlastností, ale s ním spojená vlhkostnost, identifikovaná například ellenbergovským indikačním číslem (Moravec & kolektiv, 1994), se za funkční vlastnost nepokládá, neboť se týká celého druhu a nikoli jednotlivců. V této diplomové práci vycházíme z článku (Violle, et al., 2007), který se zabývá vyjasněním pojmu funkčních vlastností. Jak už jsme uvedli, funkční vlastnost musí být měřitelná nebo identifikovatelná na jednotlivých zástupcích druhu. Z toho plyne, že funkční vlastnosti mají také vnitrodruhovou variabilitu, což je dobré mít při analýzách na paměti. Slovo „funkční“ přitom naznačuje, že vlastnost se musí nějak týkat fungování organismu. Například specifická listová plocha, což je plocha listu dělená suchou hmotností listu, souvisí s funkcí fotosyntézy. Jinou funkční vlastností je typ rozšiřování semen, tedy anemochorie, zoochorie atd. a podobně, souvisí s fungováním přenosu genetického materiálu rostliny do nového místa. Funkčních vlastností tedy může být velké množství, přitom některé z nich jsou kvantitativní, kdežto jiné kategoriální.

Netriviální otázkou je, jaký soubor funkčních vlastností zvolit, aby studie odhalila co nejvíc závislostí, které se ve studovaném ekosystému vyskytují. Volba funkčních vlastností může být pokud možno co nejvíce specifická pro danou situaci, aby co nejlépe

vystihla lokální zvláštnosti, nebo naopak co nejuniverzálnější, aby umožnila široké srovnání mezi studii provedenými na různých místech a v různých biotopech. Tato univerzální volba se nám zdá pro tuto diplomovou práci vhodnější. V článku (Westoby, 1998) se navrhuje schéma tří funkčních vlastností, které by mělo fungovat víceméně v kterémkoli ekosystému na planetě. Jako trojice funkčních vlastností se volí specifická listová plocha, výška rostliny v dospělosti a hmotnost semen. Jak se v článku (Westoby, 1998) vysvětluje, další funkční vlastnosti jsou s těmito třemi buď do jisté míry korelované, nebo mají jen menší vliv. Toto klasifikační schéma, pro které používají akronym LHS, se kromě toho navrhuje jako náhrada za schéma strategií CSR podle Grimea (kompetice-stres-ruderalita). Vlastnosti schématu LHS jsou totiž přímo a jednoznačně měřitelné (a to včetně jejich vnitrodruhové variability), na rozdíl od schématu CSR, kde se klasifikace opírá o mnohem subjektivnější kritéria. Toto schéma ovšem není jediné možné. Nicméně všechna rozumná schémata nějakým způsobem reflektují funkční vlastnosti, které se týkají tří základních aspektů přežití: schopnost růstu, schopnost odolávat nepříznivým vlivům a schopnost se reprodukovat (De Bello, et al., 2021).

Funkční vlastnosti, jako vlastnosti jedince, tedy obecně musí souviset s fungováním jedince v ekosystému. Toto fungování v rámci struktury má vždy orientaci buď od okolí k jedinci nebo od jedince k okolí. Podle toho se pak rozlišují funkční vlastnosti odezvové (například schopnost vytvářet ochranné proteiny při náhlé vlně veder) a vlastnosti účinkové (například schopnost trnovníku akátu vázat vzdušný dusík, čímž proměňuje bylinnou skladbu podrostu). Podle toho, jak těsně je určitá vlastnost vázaná s fungováním jedince, se dají funkční vlastnosti dále dělit na primární a sekundární. Primární vlastností bude například množství chlorofylu v listech, protože to primárně ovlivňuje produkci. S tím ovšem souvisí morfologie listů, vyjádřená například velikostí specifické listové plochy (SLA). To je příklad sekundární funkční vlastnosti. Je celkem zřejmé, že sekundární funkční vlastnosti jsou mnohem snáze měřitelné, proto jsou i častěji používané. Podrobně o těchto dvou rozlišeních pojednává příručka (De Bello, et al., 2021). My v této diplomové práci budeme používat pouze odezvové funkční vlastnosti a prakticky jenom sekundární.

3.2 Využití funkčních vlastností

Schéma LHS se použilo například v celoevropské studii (Vanneste, et al., 2019), kde se sledovala odezva funkčních vlastností na faktory prostředí ve třech úrovních: na úrovni makroklimatu, na úrovni krajinných struktur a na úrovni mikrodiverzity lokalit. Celkem se uvažovalo 12 faktorů, po čtyřech v každé kategorii. Přitom na každé lokalitě se počítaly jednak střední hodnoty funkčních vlastností, jednak jejich variance. Právě variance v rámci lokality se ukázala jako dosti důležitý parametr, silně ovlivněný faktory prostředí, zatímco střední hodnoty funkčních vlastností měly závislost slabší. Velikost rozptylu kolem průměru tedy může nést více informace než jednoduchý průměr. Konkrétně se ukázalo, že střední hodnoty funkčních vlastností jsou silněji ovlivněné makroklimatickými faktory, jako je teplota nejteplejšího měsíce či úhrn srážek v nejdeštivějším měsíci. Oproti tomu variance funkčních vlastností závisela silně na faktorech spojených s jednotlivými lokalitami, jako byla lokální členitost terénu nebo stáří lesa (ve smyslu opozice dávný les – recentní les). Poněkud zvláštní negativní výsledek byl, že váha semen nebyla korelovaná s žádným ze studovaných faktorů.

Výše uvedené práce se soustředily na rozdíly ve funkčních vlastnostech mezi jednotlivými druhy, a tedy odezva funkčních vlastností na faktory prostředí byla nepřímá, zprostředkovaná změnou druhové skladby. Naproti tomu práce (Blondeel, et al., 2020) se zaměřila na vnitrodruhovou variabilitu funkčních vlastností. Za tím účelem autoři uskutečnili pozoruhodný experiment, v němž vybraných 15 druhů rostlin řízeně zasázeli na ohrazený lesní pozemek a jednotlivé záhony vystavili umělým vlivům: zvýšení teploty, osvětlení a hnojení. Kromě toho do záhonů umístili také půdu různých vlastností, takže mohli sledovat i vliv pedologických parametrů. Odezvu měřili na výšce a specifické listové ploše u každého z 15 druhů zvlášť. Oproti LHS schématu uvedenému výše se rozhodli nezkoumat hmotnost semen, a vysvětlují to řadou praktických důvodů. (Osobně mě překvapilo, že neuvádějí jeden očividný důvod, totiž ten, že právě hmotnost semen je parametr, který je ve srovnání s jinými parametry nejméně vnitrodruhově variabilní.)

Velmi pečlivá studie (Kenderes & Standovár, 2003) provedená v maďarském pohoří Mátra (rozsah nadmořské výšky zde činí 700–900 m) se zaměřila na rozdíly ve funkčních vlastnostech bylin bukových lesů. Přitom se hledaly rozdíly mezi lesy s nepřerušenu historii trvajících nejméně několik staletí (honební revíry původem

z feudálních dob) a lesy obhospodařovanými podrostním způsobem. Soubor funkčních vlastností byl poměrně široký (9 vlastností) a kromě toho se kvantitativní vlastnosti, jako hmotnost semen nebo výška, klasifikovaly do většího počtu intervalů, takže se s nimi pracovalo stejným způsobem jako s kategoriálními vlastnostmi, jako byl typ šíření semen nebo fenologie listů. Tento zdánlivě nesystémový postup se ukázal jako podstatná metodologická výhoda. Ve výsledcích se totiž ukázalo, že největší rozdíl mezi přirozenými a obhospodařovanými lesy byl v zastoupení jednotlivých kategorií velikostí semen. Lze se domnívat, že kdyby autoři pracovali pouze se střední hodnotou nebo i s prostou variancí velikostí semen, rozdíly by se setřely. Kromě rozdílů v hmotnosti semen práce ukázala také rozdíly ve fenologii listů a v době počátku kvetení.

Ve Švédsku byla provedena rozsáhlá studie, která zahrnovala jak boreální lesy na severu, tak temperátní opadavé lesy na jihu Švédska (Hedwall & Brunet, 2016). Přitom se zjišťovalo, jak se rozšíření jednotlivých druhů bylinné vegetace lesů změnilo v rozmezí let 1994 až 2013. Tato změna se poté dávala do souvislosti s funkčními vlastnostmi bylin, jako byla maximální výška, mechanismus opylování, doba trvání listů a plocha listů. Současně se hledala korelace i s Ellenbergovými indikátory rostlin a s vlastnostmi týkajícími se disturbancí, jako je trvalost semenné banky a lesní pastva v minulosti. Zjistilo se, že v boreální zóně se jako jediná funkční vlastnost změnila plocha listů, a to k větším hodnotám. Naproti tomu v temperátní zóně se kromě zvětšení plochy listů také zvětšila výška a zkrátila doba trvání listů. Kromě toho se také zvýšil podíl větrem opylovaných bylin (graminoidů) a zvýšil se podíl stínomilných bylin. Je zajímavé, že změna druhové diverzity s časem se nepozorovala. Výsledky dávají autoři do souvislosti s třemi faktory, které se v čase mění: změna managementu lesů (zrušení lesní pastvy, pěstování hustších stejnověkových monokultur), eutrofizace depozicí dusíku, a klimatická změna. Ve Švédsku to znamená zvýšení zimních teplot a zvýšení letních srážek. Vliv klimatické změny se projevuje hlavně v temperátní zóně, v boreální zóně jen málo.

Odlíšným způsobem přistoupili ke studiu důsledků změny klimatu autoři práce (Maes, et al., 2020). Na rozsáhlém území střední a západní Evropy provedli snímkování bylinného patra lesů a studovali vliv různých environmentálních faktorů na průměrné hodnoty funkčních vlastností rostlin bylinného patra. Jako environmentální faktory volili takové, které se dávají do souvislosti s klimatickou změnou, zejména teplotu, vlhkost a depozici dusíku. Přitom zjistili zejména závislost na teplotě. Konkrétně výška rostlin s teplotou stoupala, kdežto specifická listová plocha (SLA) s teplotou klesala. Zároveň s teplotou také stoupal podíl druhů obligátně závislých na mykorhize. Kromě těchto

faktorů se také zkoumala závislost na množství nadložního humusu. Ukázalo se, že na tomto faktoru závisí průměrná hmotnost semen. Na řadě dalších faktorů se ale žádná závislost neprokázala, například na množství světla v přízemní vrstvě (což bylo překvapivé) nebo na průměrném úhrnu srážek. Pro nás je zajímavé také to, že se neprokázala závislost na tom, zda šlo o staré lesy nebo nové lesy. Nicméně v této studii se za nové lesy považovaly takové, které byly založeny před méně než sto padesáti lety, což je možná příliš dlouhá doba. Vysvětlení, které autoři v (Maes, et al., 2020) uvádějí je to, že druhové složení mladých a starých lesů se sice liší, ale po zprůměrování funkčních vlastností se tento rozdíl ztratí.

Klimatická změna je ze známých důvodů intenzivně probíraným tématem sama o sobě. To poskytuje příležitost propojit ji s tematikou funkčních vlastností, jako např. v práci (Bussotti, et al., 2015), ačkoli žádná skutečná souvislost v této práci uvedena není. Kvalitní analýza je provedena v práci (Aubin, et al., 2016), kde se identifikují konkrétní funkční vlastnosti umožňující stromovým druhům (jiné se v této práci nezkoumají) úspěšně reagovat na klimatickou změnu. Takových funkčních vlastností je velké množství a klasifikují se do několika skupin. Dvě základní skupiny jsou vlastnosti, které umožňují setrvat na stejném stanovišti i po změně podmínek – to jsou ty, které jsou spojeny s odolností proti suchu a vyšší teplotě, případně i proti požárům, a vlastnosti, které umožňují migraci na nová, výhodnější stanoviště – to jsou vlastnosti spojené s velikostí semen a mechanismem jejich šíření. V práci (Aiba, et al., 2020) se zkoumaly lesní ekosystémy podél širokého ekologického gradientu Japonska, a zjišťovala se odezva funkčních vlastností na tento gradient. Kromě toho se řešila zajímavá otázka, zda druhy, které v podobných ekologických podmínkách vykazují podobnou abundanci, mají tendenci mít spíše stejné nebo spíše rozdílné hodnoty funkčních vlastností.

Práce (Brūmelis, et al., 2019), která zkoumala malé zbytky lesů složených z cenných listnáčů na území Lotyšska (kde naprostě většinu lesů dominují buď smrk s borovicí, nebo bříza s osikou) poněkud smísila funkční vlastnosti podrostních bylin s jejich ekologickými nároky. I tak autoři dospívají k zajímavým výsledkům, že totiž funkční vlastnosti (a ellenbergovské indikátory) závisí hlavně na složení stromového patra a na vlastnostech půdy, zatímco dřívější využití půdy hraje podružnou roli. Je ovšem třeba poznamenat, že předchozí využití půdy nebylo v této studii kvantifikováno dostatečně spolehlivě. Přesnější identifikace by možná rozdíl odhalila.

Prostřednictvím funkčních vlastností rostlin se nezkoumaly jen lesní ekosystémy. Například ve studii (Garnier, et al., 2004) si autoři kladli otázku, jak se v průběhu času

proměňují ekosystémy bývalých vinic na jihu Francie, poté, co byly opuštěny a ponechány sekundární sukcesi. Soustředili se na tři funkční vlastnosti, totiž specifickou listovou plochu, podíl sušiny v listech a množství dusíku v listech. Ukázalo se, že první a třetí z nich s časem výrazně klesají, druhá s časem stoupá. Autoři neposkytují žádné jednoduché vysvětlení tohoto jevu, ale místo toho se zabývají otázkou, které druhy jsou zodpovědné za pozorovaný trend. Podle očekávání se ukázalo, že jsou to pouze dva druhy s největší abundancí. Druhá rozmanitost tedy v takové studii nehraje vůbec žádnou roli.

V práci (Lindborg, 2007) se zkoumaly travní porosty v jižním Švédsku. V posledních 50 letech došlo k podstatné redukci jejich plochy a k jejich silné fragmentaci. Otázka, kterou si autoři kladli, byla, jak se změny v prostorové (geografické) struktuře projeví na strukturách biologických. Konkrétně zkoumali vliv na čtyři funkční vlastnosti, a to velikost semen, způsob šíření semen, trvalost semenné banky a délku života (letničky versus trvalky). U trvalek se přitom ještě rozlišovalo, zda jsou či nejsou schopné se vegetativně šířit pomocí výhonků. Zatímco vliv velikosti a způsobů šíření semen se nepozoroval žádný, ukázalo se, že fragmentaci travních ploch nejlépe vzdorují druhy s trvalou semennou bankou a vegetativně se šířící trvalky.

Rostlinný pokryv celé zeměkoule se zkoumal z hlediska funkčních vlastností v práci (Butler, et al., 2017). Aby bylo vůbec možné srovnávat rostliny v různých biomech v rámci planety, byly zavedeny kategorie funkčních typů rostlin. S pomocí tohoto přístupu se získaly celosvětové mapy středních hodnot a variací některých funkčních vlastností, konkrétně specifické listové plochy a obsahu dusíku a fosforu v listech. Pozoruhodné na těchto výsledcích je, že podobné parametry funkčních vlastností mají biotopy jinak zcela odlišné, například tropický prales v Amazonii a Kongu se z hlediska specifické listové plochy podobá Skalistým horám, zatímco jiná skupina biotopů s podobnými hodnotami funkčních vlastností zahrnuje savany v Tanzánii, Mandžusko, Patagonii a Aljašku.

Zajímavé je využití funkčních vlastností při studiu rostlinných invazí. Například v článku (Heberling, et al., 2016) se zkoumaly dva recipročně invazní druhy: americká *Padus serotina* v Evropě a evropský *Rhamnus cathartica* v Severní Americe. Oba jsou to keře obdobného vzrůstu a řešila se otázka, zda jejich invazní úspěšnost se dá nějak vztáhnout k funkčním vlastnostem. Skutečně se zjistilo, že měřené funkční vlastnosti se liší u jedinců v oblasti původu od jedinců v oblasti invaze. U těchto dvou zkoumaných druhů ale šlo o odlišnosti v jiných vlastnostech, nebylo tedy možné učinit obecnější závěr. To by vyžadovalo zahrnout větší počet invazních druhů.

Funkční vlastnosti nacházejí také praktické uplatnění při klasifikaci stanovišť. Běžně se podobnost či nepodobnost stanovišť měří pomocí indexů, které jsou založeny na přítomnosti a nepřítomnosti jednotlivých druhů, případně na jejich abundanci. Ovšem roli jednoho druhu může na jiném stanovišti převzít druh jiný, funkčně podobný, což v konvenčních indexech podobnosti není zahrnuto. Proto se v práci (Ricotta & Bacaro, 2010) navrhuje jiné míry podobnosti stanovišť, které jsou založeny na podobnosti funkčních vlastností jednotlivých druhů. Velmi důležitým pojmem je také funkční diverzita, která je strukturalistickou analogií pojmu druhové diverzity. V článku (Carmona, et al., 2016) se ukazuje, jak tuto funkční diverzitu propojit s pravděpodobnostním přístupem k funkčním vlastnostem. Tento přístup má tu výhodu, že popisuje jednotným způsobem funkční vlastnosti na všech hierarchických úrovních, počínaje jednotlivou rostlinou, přes mikrostanoviště, lokalitu a část území až po krajinné celky. Nevýhodou tohoto přístupu je mnohem větší náročnost na množství vstupních dat. Pravděpodobnostní rozdělení se totiž stěží dá vyvodit z jednoho, dvou nebo tří měření. Nicméně množství informace je tím mnohem vyšší. Ukazuje se totiž, že nejen průměrné hodnoty, ale i variance funkčních vlastností v rámci jedné lokality je ekologicky důležitý údaj (Carmona, et al., 2016). Koneckonců podobný přístup byl použit, i když s jinou metodologií, v práci (Kenderes & Standovár, 2003), kde se s jednotlivými velikostními třídami funkčních vlastností nakládá, jako by to byly kategoriální proměnné. Radikální přístup se nachází v práci (Garnier, et al., 2004), kde taxonomická identita druhů se prakticky úplně nahrazuje souborem hodnot funkčních vlastností. Tím se strukturální přístup dovádí do extrému.

3.3 Zdroje dat o funkčních vlastnostech rostlin

První otázkou, kterou si musí výzkumník zodpovědět, je, který soubor funkčních vlastností ve své studii použije. Možné přístupy jsme popisovali v sekci 3.1. Jakmile je tato fáze vyřešena, nastává otázka, odkud získat hodnoty požadovaných funkčních vlastností. Zcela korektní postup je změřit je přímo na jednicích na dané lokalitě. Z důvodů standardizace a reprodukovatelnosti byly pro toto měření zavedeny standardní protokoly (De Bello, et al., 2021). Nicméně tento postup je často nedostupný z hlediska vybavení a času, které jsou k dispozici. Proto je nutné se obrátit k některé existující

databázi, v níž jsou taková měření již zaznamenána, i když jindy a jiné lokality (De Bello, et al., 2021).

Jako relevantní (pro tuto diplomovou práci) jmenujme databáze Biolflor (Kühn, et al., 2004), která pokrývá rostlinné druhy v rámci Německa, dále databázi LEDA (Knevel, et al., 2003), která byla vytvořena pro severozápadní Evropu, a meta-databázi TRY (Kattge, et al., 2020), která si klade za cíl zastřešovat jednotlivé regionální nebo speciální databáze a vytvořit tak bázi dat zahrnujících celou planetu. Z jiných databází rostlinných druhů můžeme namátkou zmínit databázi PADAPT (Sonkoly, et al., 2023), která zahrnuje druhy panonské oblasti (a mohla by tak být relevantní pro Jižní Moravu), nebo databázi FunAndes pro rostliny z oblasti jihoamerických And (Báez, et al., 2022).

4 Metodika

4.1 Vymezení zájmového území a výběr lokalit

Lokality zkoumané v této diplomové práci jsou tytéž, které jsme již zkoumali v bakalářské práci (Slanina, 2021). Proto zde jen stručně zrekapitulujeme charakter zájmového území a postup výběru lokalit.

Zájmové území tvoří pruh táhnoucí se Středočeskou pahorkatinou podél toku řeky Sázavy, a to počínaje zhruba Kácovem na východě a konče Čerčanami na západě. Topografie reliéfu je stejnoměrně kopcovitá, s nadmořskými výškami nejčastěji v rozmezí 300 až 500 m n. m. Klimatické údaje máme k dispozici ze stanice Vlašim (ČHMÚ, 2023), kde mezi lety 2014 až 2022 byla průměrná roční teplota 9,47 °C, průměr maxim průměrných denních teplot 26,8 °C a průměrný roční úhrn srážek 569 mm. V období dubna, května a června, které je pro nás nejdůležitější, jsou průměrné teploty 12,9 °C a průměrný úhrn srážek 178 mm. Geologická stavba podloží je dosti různorodá a víceméně stejnou měrou jsou zastoupeny tři skupiny hornin: hlubinné vyvřeliny, metamorfované horniny a pískovce (Česká geologická služba, 2020). V malých ostrůvcích se vyskytují vápence, což je ale pro nás důležité, protože právě na jednom z těchto míst se nachází jedna z našich zkusných ploch.

Přírodní lesní oblast, v níž se celé zájmové území nachází, je PLO 10, Středočeská pahorkatina (ÚHÚL, 2001). Převažuje 3. (dubobukový) lesní vegetační stupeň, méně pak 2. (bukodubový) LVS, zatímco 1. (dubový) LVS je plošně velmi malý, charakteru intrazonální vegetace, ale zahrnuje významné ochranné lesy na exponovaných polohách skalnatých srázů v kaňonu Sázavy. Taktéž nacházíme ostrůvkovitě 4. (bukový) LVS, a to na severních svazích vyšších kopců (místní vliv topoklimatu).

Pokud jde o typologii lesů, pak podle údajů zveřejněných ÚHÚL (ÚHÚL, 2020) převažují v poněkud nižších polohách soubory lesních typů 2S (svěží buková doubrava) a 2B (bohatá buková doubrava), zatímco v poněkud vyšších polohách jsou to 3S (svěží dubová bučina) a 3B (bohatá dubová bučina). Ve stržích a prudce zaříznutých korytech potoků, přitékajících do Sázavy nacházíme v úzkých pruzích 3D (obohacená dubová bučina) a 3U (úžlabní javorová jasenina). Zvláštní pozornosti si zaslouží ochranné lesy na sázavských březích. Jsou to na severním (teplém) břehu 1Z (zakrslá doubrava), nebo

1J (obohacená skeletová habrová javořina) kdežto na jižním (chladném) břehu 3J (obohacená skeletová lipová javořina) a 3A (obohacená kamenitá lipodubová bučina).

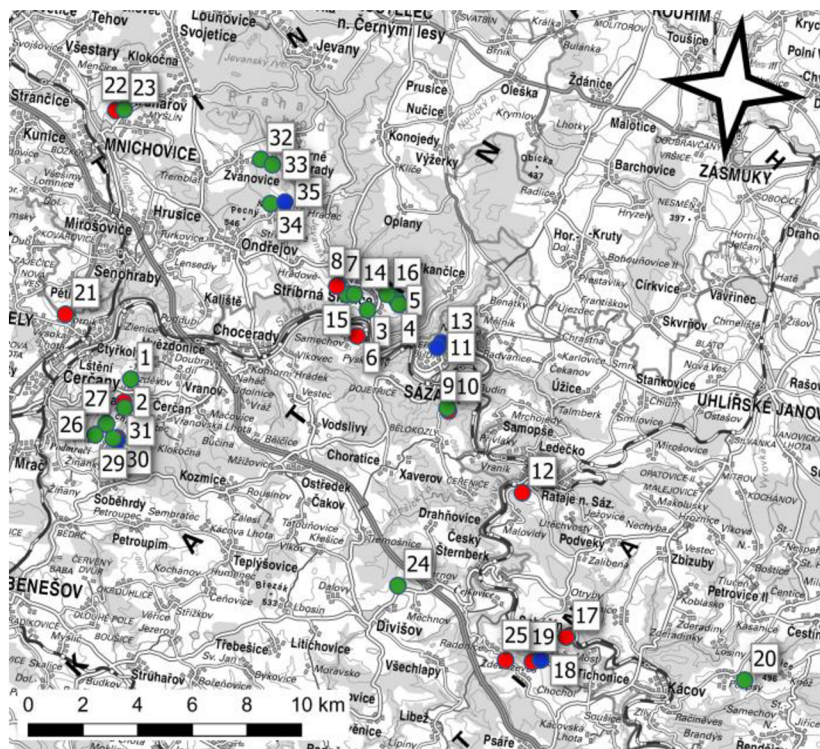
Volba právě tohoto území byla dána několika faktory. Kromě ryze praktických a osobních (relativně snadná dostupnost a bezplatné ubytování) to byl zejména fakt, že právě zde se více než jinde v širším okolí v polovině dvacátého století hromadně zalesňovala zemědělská půda. To lze snadno pochopit, uvědomíme-li si nadmořskou výšku a reliéf terénu. V oblasti se nevyskytuje žádná kvalitní úrodná půda, zvláště v kontrastu s bezprostředně sousedícím Polabím. Řada pozemků je svažitéch a tedy hůře dostupných pro techniku. Mohlo zde po staletí dobře fungovat zemědělství založené na soběstačnosti a na lidské a animální práci (Kucrová, 2013) (Le Goff, 1991). Skokový přechod k zemědělství průmyslového a strojového typu, který nastal s kolektivizací padesátých let (Hájek, 2008) (Matoušek, 2010), a zároveň postupný, ale nezadržitelný nástup globalizace, nejdříve nenápadně v měřítku státu, pak v měřítku politického bloku a nakonec v měřítku planety, vedl k podstatnému zredukování zemědělské činnosti ve zkoumané oblasti. Zalesňování, to byla bezprostřední a v té chvíli přirozená reakce na tento fakt (Špulák & Kacálek, 2011). Vývoj ovšem neskončil v padesátých a šedesátých letech, tedy v době, kdy byly zakládány lesy, které hodláme zkoumat, ale pokračuje až dodnes. Viditelně to lze demonstrovat na tom, že ta zemědělská půda, která nakonec nebyla zalesněna, dnes neslouží původní zemědělské produkci, která byla valnou většinou vyrobena a spotřebována lokálně, ale byla proměněna na nedozírné plochy pastvin (vlastní pozorování autora). Proto považujeme vymezenou zájmovou oblast za typického reprezentanta jevu, který chceme zkoumat, tedy návratu lesa do míst, kde předtím stovky (možná i tisíce) let nebyl (Bičík, 2004).

Poté, co byla takto vymezena rámcově oblast zájmu, byly vybírány vhodné lokality. To bylo provedeno již v mé bakalářské práci (Slanina, 2021), a jelikož v této diplomové práci jde o srovnání tehdejších a zcela aktuálních fytoocenologických dat, je převzato identických 35 lokalit. Pro rekapitulaci uvedeme, že lokality byly vyhledány na základě webového portálu kontaminace.cenia.cz, který ale k 30. 6. 2020 ukončil svou činnost z důvodů zastarání technologie, tudíž dnes již není možné zopakovat toto hledání stejným způsobem. Na webové stránce kontaminace.cenia.cz byly vedle sebe zobrazeny letecké snímky z roku 1954 a letecké snímky téhož území z roku 2018. Podle toho se zjišťovalo, které pozemky se v roce 1954 využívaly jako zemědělská půda a nyní se na nich nachází les a zároveň se klasifikovalo předchozí zemědělské využití do tří kategorií, a to „pole“, „louka“, „sad“.

Tabulka 1: Lokality, na kterých byly vytyčeny zkusné plochy: jejich předchozí využití, zeměpisné souřadnice uvedené ve stupních a datum pořízení aktuálního fytocenologického snímku.

Lokalita	Využití 1954	Severní šířka	Východní délka	Datum a čas snímku
1	louka	49.857284	14.740676	3. 6. 2023 18:00
2	pole	49.849513	14.738688	3. 6. 2023 16:45
3	louka	49.890015	14.855524	12. 6. 2023 17:10
4	louka	49.893151	14.871066	12. 6. 2023 15:50
5	louka	49.894354	14.869699	12. 6. 2023 15:15
6	pole	49.881082	14.852014	10. 6. 2023 17:00
7	pole	49.896646	14.838764	12. 6. 2023 12:10
8	pole	49.896383	14.838409	12. 6. 2023 11:15
9	pole	49.860653	14.903091	10. 6. 2023 10:50
10	louka	49.861519	14.902244	10. 6. 2023 11:35
11	sad	49.880776	14.893250	10. 6. 2023 13:40
12	pole	49.837224	14.945718	15. 6. 2023 12:25
13	sad	49.882489	14.894905	10. 6. 2023 14:35
14	louka	49.894512	14.847871	12. 6. 2023 8:35
15	louka	49.894097	14.844194	12. 6. 2023 9:45
16	louka	49.895951	14.864337	12. 6. 2023 14:20
17	pole	49.792179	14.977348	9. 6. 2023 9:45
18	sad	49.783649	14.965955	9. 6. 2023 11:35
19	pole	49.782672	14.961838	9. 6. 2023 12:35
20	louka	49.785700	15.070023	15. 6. 2023 8:05
21	pole	49.875525	14.703357	15. 6. 2023 15:50
22	pole	49.943896	14.715022	15. 6. 2023 18:45
23	louka	49.944635	14.719225	15. 6. 2023 17:55
24	louka	49.801721	14.889084	19. 6. 2023 9:15
25	pole	49.782049	14.948246	9. 6. 2023 13:50
26	louka	49.837627	14.726389	3. 6. 2023 8:05
27	louka	49.841752	14.731400	3. 6. 2023 9:50
28	louka	49.847697	14.739486	3. 6. 2023 15:55
29	louka	49.837290	14.735778	3. 6. 2023 13:35
30	pole	49.837663	14.737784	3. 6. 2023 11:20
31	sad	49.836662	14.737897	3. 6. 2023 12:40
32	louka	49.934369	14.791604	4. 6. 2023 14:10
33	louka	49.933122	14.797882	4. 6. 2023 16:05
34	louka	49.920357	14.799437	7. 6. 2023 17:35
35	sad	49.921472	14.806662	7. 6. 2023 19:15

Pro vyhledání v terénu bylo ještě nutné určit GPS souřadnice, což se provedlo georeferencováním v programu QGIS. Tabulka 1 uvádí údaje pro těchto 35 lokalit z bakalářské práce, které se znovu snímkují v této diplomové práci. Zeměpisné souřadnice udávají bod, který je v terénu středem čtvercové zkušné plochy. Mapu s polohami všech vybraných lokalit zobrazuje Obrázek 1.



Obrázek 1 Mapa zájmového území s vyznačenými lokalitami. Typy předchozího využití udává barevný bod: zelená značí louky, modrá označuje sady a červená pole. Číslování lokalit udává Tabulka 1. Převzato z vlastní bakalářské práce (Slanina, 2021).

4.2 Fytocenologické snímkování

Na každé z vybraných lokalit byl pořízen fytocenologický snímek. Nejprve byl pomocí GPS lokace v mobilním telefonu nalezen střed zkušné plochy. Nalezení středu bylo usnadněno v těch případech, kdy na místě zůstal dřevěný kolík s červeně obarveným koncem z původního snímkování v roce 2019. Bylo to tak ale jen asi v jedné třetině případů, jinde bylo nutné se opřít pouze o GPS přijímač, případně o porovnání fotografií lokality z roku 2019 se skutečností roku 2023. Podle zkušenosti byla přesnost GPS lokace zhruba ± 10 metrů, v případě těsnějšího zápoje i horší. Tuto nepřesnost polohy je třeba

vzít v úvahu, když se srovnávají snímky z roku 2019 s novými snímky. Po vyhledání lokality bylo provedeno vytyčení zkusné plochy, a to ve tvaru čtverce o straně 10 m. Vytyčení se provádělo pomocí měřících šňůr se značkami, které vymezují přesně délky stran a úhlopříček. Tím byla v principu zaručena pravoúhlost vymezené plochy. Orientace vůči světovým stranám byla taková, že úhlopříčky ležely severojižním a východozápadním směrem. Vrcholy vytyčeného čtverce byly vyznačeny tyčkami z plastu. Obrázek 2 ilustruje na dvou fotografiích, jak bylo vytyčení zkusné plochy v terénu provedeno. Jde konkrétně o jednu z lokalit, kde na místě zůstal kolík z roku 2019, je tedy jistota, že zkusná plocha je zcela identická.



Obrázek 2 Vytyčení zkusné plochy. Konkrétně jde o lokalitu č. 17. Středový kolík na fotografii vlevo je původní z roku 2019. Foto autor.

Po vytyčení zkusné plochy byl proveden soupis všech rostlinných druhů. Přitom bylo rozlišeno stromové (výška nad 3 m), keřové (1,5 m až 3 m) a bylinné (pod 1,5 m) patro. Semenáčky dřevin byly započítány do bylinného patra. Každému druhu byla stanovena pokryvnost, a to odhadem s klasifikací podle sedmičlenné Braun-Blanquetovy (BB) stupnice (Moravec & kolektiv, 1994). Jelikož BB stupnice není plně kvantitativní, ale zahrnuje i dva ryze kvalitativní stupně „+“ (roztroušeně) a „r“ (ojediněle), bylo pro účely analýz nutné přiřadit stupňům BB stupnice efektivní pokryvnosti v procentech, a to přibližně ve středu intervalu odpovídajícího danému stupni. V Tabulce 2 je uvedena použitá BB stupnice spolu s efektivními pokryvnostmi.

Na dané lokalitě se provedla klasifikace lesa podle převládajícího charakteru stromového patra, a to do tří skupin, označených jako „jehličnatý“, „smíšený“, „listnatý“ porost. Tato klasifikace je identická té, která byla provedena v roce 2019.

Tabulka 2: Braun-Blanquetova (BB) stupnice a efektivní pokryvnosti použité při zpracování dat.

BB 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



Obrázek 3 Rostlina nafocená k dourčení. V tomto případě se jedná o *Cardamine impatiens* (foto autor).

K určování bylin byl použit většinou Klikův klíč (Klika, 1965). Pro trávy pak atlas a klíč (Regal & Šindelářová, 1970), a pro byliny ve vegetativním stavu klíč (Koblížek &

Řepka, 2003). Pokud se nezdařilo určit druh s použitím této literatury, byla rostlina nafovena a také pořízen herbářový exemplář (kromě očividně vzácných druhů). Jeden takový příklad uvádí Obrázek 3. V těchto případech provedl určení druhu vedoucí diplomové práce. (Jednalo se zhruba o deset položek). Vědecké názvy rostlin byly sjednoceny podle nejnovějšího vydání botanického klíče (Kaplan, et al., 2019). Pokud jde o určování ostružiníku, není v našich silách rozlišit mezi mnoha desítkami jeho druhů a poddruhů, proto agregujeme všechny pod název *Rubus fruticosus*.

4.3 Půdní vzorky a jejich laboratorní analýzy

Na každé zkusné ploše byly odebírány půdní vzorky a to tak, že nejdříve byla lokálně odstraněna vrstva nadložního humusu a poté odebrán lopatkou vzorek organominerálního horizontu do hloubky zhruba 10 cm. To bylo provedeno na čtyřech místech pokud možno rovnoměrně od sebe vzdálených v rámci vyznačené zkusné plochy. Takto odebrané dílčí odběry byly pak sloučeny. Vzorky ze všech lokalit byly posléze ponechány tři měsíce k vyschnutí při pokojové teplotě. Vyschlé vzorky byly následně nadrceny v porcelánovém moždíři a přesáty sítem s oky 2 mm. Přesáté vzorky byly pak analyzovány třemi procedurami:

1. Měření pH vodného výluhu.
2. Měření obsahu spalitelného humusu spálením v muflovací peci.
3. Analýza prvkového složení rentgenovou spektrální analýzou (XRF).

Metodiku těchto procedur nyní stručně popíšeme.

Pro měření pH nejdříve navážíme na laboratorních vahách do kádinky 10 g přesátého půdního vzorku. Potom přidáme 25 ml destilované vody, zamícháme a necháme usadit po dobu 30 minut. Poté znovu zamícháme, necháme odstát ještě cca 1 minutu a přistoupíme k měření. To se provede pH-metrem s elektrodou, kterou ponoříme do suspenze a odečteme změřené pH (Obrázek 4). Před dalším měřením je třeba elektrodu dobře opláchnout destilovanou vodou.



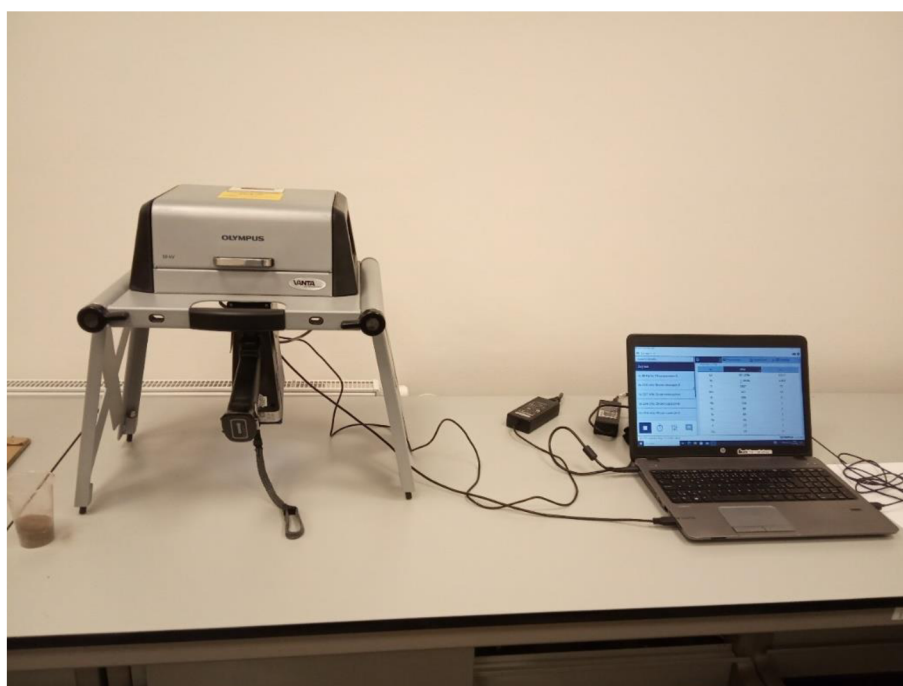
Obrázek 4 Měření pH půdních vzorků (foto autor).

Množství spalitelného humusu měříme následovně. Z každého půdního vzorku odvážíme asi 15 g do žáruvzdorného korundového kelímku. Přitom zaznamenáme i váhu samotného kelímku (táru). Kelímky se vzorky umístíme do komory muflovací pece (výrobce LAC, Obrázek 5), kde proběhne zahřátí podle navoleného programu. V našem případě je to nejprve 200 °C po dobu 1 hodiny a pak 800 °C po dobu 4 hodin. Poté se nechá pec pomalu chladnout. Po úplném vychladnutí se kelímky vyjmou z komory a znovu zvaží. Rozdíl vah pak určuje váhu spálené komponenty (humusu). Z toho se pak vypočte procentuální podíl spáleného humusu.



Obrázek 5 Muflovací pec LAC (foto autor).

Prvkové složení prvků těžších než hořčík zjišťujeme ručním rentgenovým spektrometrem XRF Olympus VANTA C-Series. Přenosná hlavice se pro laboratorní použití upevní do stojánku, do jehož stíněného boxu se vkládají vzorky půdy v plastových epruvetách. Z každého půdního vzorku se odsypou dva vzorky (rozlišujeme je vždy písmeny A, B) pro analýzu a ty ještě se ve spektrometru měří dvakrát, údaje z každé lokality představují tedy průměr ze čtyř spekter. Ovládání spektrometru a ukládání dat probíhá pomocí připojeného počítače s nainstalovaným obslužným programem Vanta Desktop Manager (Obrázek 6).



Obrázek 6 Rentgenový spektrometr XRF Olympus VANTA C-Series (foto autor).

4.4 Práce s databázemi funkčních vlastností

Pro přiřazení funkčních vlastností jednotlivým rostlinným druhům byly použity databáze přístupné na internetu. Konkrétně šlo o tři databáze, a to Bioflor (Kühn, et al., 2004) , LEDA (Knevel, et al., 2003) a TRY (Kattge, et al., 2020). Hned na začátku je však třeba si uvědomit, že tato metodická volba vnáší do výsledků určitou chybu. Správné by totiž bylo změřit funkční vlastnosti (například plochu listů) přímo na jedincích rostlin, které se vyskytují na dané zkušné ploše. To by však bylo natolik náročné, že to přesahuje

technické i časové možnosti této diplomové práce. Místo toho budeme přebírat údaje, které v databázích reprezentují průměrné hodnoty funkčních vlastností ze všech sběrů, které shromáždili správci databází často z vícero originálních studií. Specifičnost podmínek našich zkusných ploch se tím do značné míry ztrácí a tím možná přicházíme o určitou informaci. Výhodou je naopak snadnost a rychlost, kterou již hotové databáze poskytují.

4.4.1 Databáze Bioflor

Databáze Bioflor (Kühn, et al., 2004) je projekt Spolkové republiky Německo, přesněji spolkového úřadu pro ochranu přírody, Bundesamt für Naturschutz. Práci na databázi provedli výzkumníci z ústavu Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle. Obsahuje více než 450 000 záznamů o celkem 3659 rostlinných druzích. Měly by to být veškeré druhy, které jsou domácí nebo naturalizované v Německu. Celkový počet funkčních vlastností, které se u každého druhu zaznamenávají, je zhruba 60. Původní uváděná motivace byla studium invazních rostlinných druhů, a to z úhlu pohledu Německa, který je ovšem České republice velmi blízký. Přístup do databáze není zcela volný, vyžaduje registraci, což poskytla Katedra ekologie lesa FLD ČZU. V databázi lze procházet jednotlivé řády a čeledi, anebo provádět vyhledávání na základě klíčových slov. My jsme ale použili pomůcku, kterou Bioflor nazývá Artenkorb (česky snad nákupní košík na druhy). Pokud je znám seznam přesných vědeckých jmen, pak Bioflor vrátí stránku, na níž jsou odkazy na všechny druhy v tomto seznamu. Na této stránce pak lze navštěvovat požadované druhy jeden po druhém. V našem případě byl postup takový, že všechny stránky jednotlivých druhů byly staženy do lokálního počítače jako html soubory a ty pak byly analyzovány pomocí vlastních skriptů napsaných v jazyce Python. Skript bere jeden html soubor po druhém a z každého z nich selektuje jméno druhu a hodnoty vybraných funkčních vlastností. Z nich pak vytvoří tabulku a tu uloží ve formátu csv, který je čitelný v tabulkovém procesoru MS Excel.

Jak už jsme uvedli, funkčních vlastností v databázi Bioflor je asi 60. Dají se rozdělit to tři skupin podle povahy hodnot, jichž nabývají. Nejjednodušší jsou vlastnosti kvantitativní, vyjádřitelné číslem a jednotkou, například hmotnost semene v gramech. Další skupinou jsou vlastnosti ordinální, jejichž hodnota je v Bioflor značena písmeny, nicméně tyto hodnoty lze jednoznačně uspořádat od nejmenšího po největší, ačkoli povaha vlastnosti neumožňuje určit přesnou číselnou hodnotu. Příkladem je vlastnost

„typ reprodukce“. Bioflor ji dělí do těchto stupňů (v závorce je písmenový kód, který Bioflor užívá): pouze semeny (s), většinou semeny, zřídka vegetativně (ssv), semeny i vegetativně (sv), většinou vegetativně, zřídka semeny (vvs), vegetativně (v). Aby bylo možné tyto vlastnosti statisticky zpracovávat, byly jednotlivým stupňům přiřazena čísla, ta ale znamenají jen pořadí, tedy vyšší číslo znamená větší tendenci k vegetativnímu rozmnožování, ale není to v žádném případě přesná měřitelná numerická hodnota. V příloze jsou uvedeny tyto vlastnosti s jejich písmenovými kódy a s čísly, které jim byly přiřazeny pro účely této diplomové práce (Příloha 1).

Tabulka 3: Seznam funkčních vlastností z databáze Bioflor, použitých v této práci. Zjednodušeno a modifikováno dle doprovodných vysvětlivek (Kühn, et al., 2004).

Název vlastnosti v Bioflor	Akronym použitý v analýzách v této práci	Typ vlastnosti	Vysvětlivka
Life span	Life_span	ordinální	Rozlišuje se jednoletost, dvouletost, vytrvalost
Rosettes	Rosettes	ordinální	Růžicovitost – uspořádání listů
Leaf persistence	Leaf_pers	ordinální	Jak dlouho přetrvávají listy
Leaf anatomy	Leaf_anat	ordinální	Míra dužnatosti, v protikladu ke skleromorfnosti
Begin of flowering	Beg_flow	kvantitativní	Měsíc začátku kvetení
Phenological group	Phenol_gr	ordinální	Se kterými rostlinami zároveň kvete (uspořádáno v čase)
Type of reproduction	Type_repr	ordinální	Tendence k vegetativnímu rozmnožování
Self-sterility and self-incompatibility	Self_incomp	ordinální	Míra samosprašnosti
Breeding system	Breed_syst	ordinální	Do jaké míry mohou či musí obě gamety pocházet ze stejného sporofytu (maximum je automixie, minimum xenogamie)
Weight	Weight	kvantitativní	Hmotnost reprodukční partikule v mg
Urbanity	Urbanity	ordinální	Míra tolerance k městskému prostředí

Konečně třetí skupinou funkčních vlastností jsou kategoriální, tedy takové, kde se nedá stanovit nejen kvantita, ale ani pořadí. Příkladem je způsob opylování. Zásadní metodickou otázkou je, které funkční vlastnosti (z kompletního souboru) pro účely této

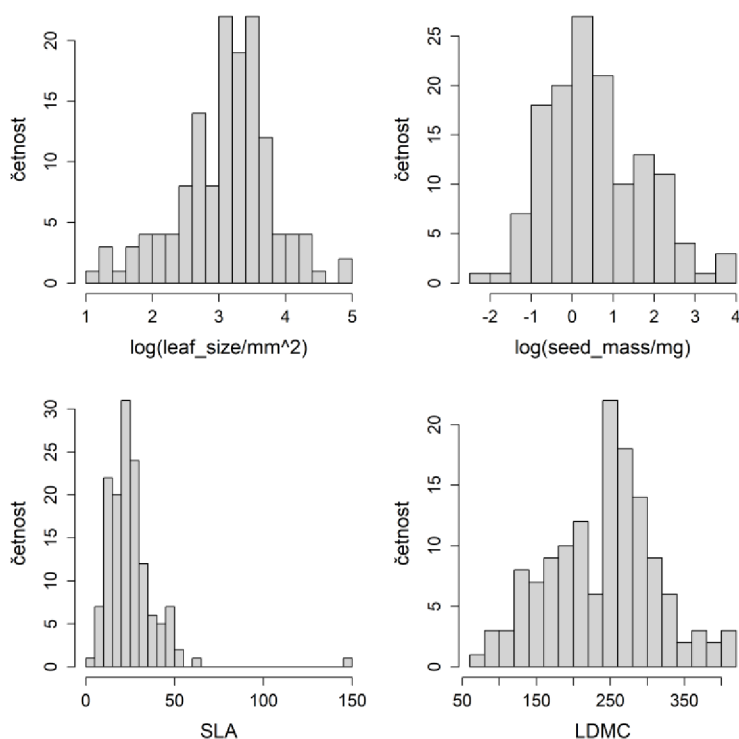
práce zvolit. Seznam funkčních vlastností z databáze Bioflor, které jsou použity v této diplomové práci, uvádí Tabulka 3. Jsou to takové vlastnosti, u kterých se dalo alespoň v principu předpokládat, že by mohly nést informaci o předchozím zemědělském využití lokalit. Mezi zvolenými funkčními vlastnostmi převažují ty, které se týkají stavby listů, a jsou zahrnuty ty, které charakterizují životní cyklus rostliny, tedy délka života, počátek kvetení a charakteristiky reprodukce. Jedna z vlastností převzatých z databáze Bioflor ve skutečnosti není přísně vzato funkční vlastnost, a to urbanita. Ta totiž se týká spíše společenstva a nikoli jedinců. Ponechali jsme ji zde pro její potenciál indikovat míru antropického tlaku.

4.4.2 Databáze LEDA

Databáze LEDA (Knevel, et al., 2003) byla vytvořena jako mezinárodní projekt mapující 26 funkčních vlastností rostlinných druhů severozápadní Evropy. Celkem obsahuje zhruba 3000 druhů. Ambicí tvůrců je napomáhat orgánům ochrany přírody a krajiny v jejich rozhodování a zároveň přispívat k předvídání změn ve skladbě vegetace v důsledku disturbancí a změn klimatu. Funkční vlastnosti jsou rozděleny do tří skupin. První skupina zahrnuje vlastnosti ovlivňující přežití jedince. Patří sem například výška rostliny, plocha listů, specifická listová plocha (SLA), obsah sušiny v listech (LDMC). Druhá skupina se týká schopnosti reprodukce. Patří sem například doba života jedince, věk při prvním kvetení, tvar a hmotnost semen, trvalost semenné banky atd. Třetí skupina se týká schopnosti rozšiřování. Sem patří vlastnosti jako schopnost semen plavat na vodě, výška, z níž se semena uvolňují, zda se rozšiřují s přispěním živočichů a jak (typ zoochorie) atd. Pro naši diplomovou práci bereme z databáze LEDA čtyři kvantitativní veličiny, které uvádí Tabulka 4. Práce s databází LEDA je v řadě ohledů snazší než s databází Bioflor, protože je možné si stáhnout příslušné datové soubory, pro každou funkční vlastnost jeden. Každý datový soubor obsahuje údaje pro všechny rostlinné druhy v databázi. Tyto datové soubory jsme zpracovávali pomocí vlastních skriptů v jazyce Python. Skript selektuje hodnoty vlastností jen pro ty druhy, které se vyskytly v našich fytoocenologických snímcích. Výsledky se zapisují do souborů ve formátu csv, které lze otevřít v tabulkovém procesoru MS Excel.

Tabulka 4: Seznam funkčních vlastností z databáze LEDA, použitých v této práci.

Název vlastnosti v LEDA	Akronym použitý v analýzách v této práci	Typ vlastnosti	Vysvětlivka
Leaf size	leaf_size	kvantitativní	Plocha listů v mm ² .
Seed mass	seed_mass	kvantitativní	Hmotnost semen v mg.
Specific leaf area	SLA	kvantitativní	Specifická listová plocha v mm ² /mg.
Leaf dry matter content	LDMC	kvantitativní	Obsah sušiny v listech v mg/g.



Obrázek 7 Rozdělení hodnot funkčních vlastností z databáze LEDA. Zahrnuty jsou všechny databázované druhy (jichž je kolem 3000).

Pro další zpracování je užitečné si všimnout, že kvantitativní vlastnosti z databáze LEDA, které používáme, mají v některých případech velmi široké pravděpodobnostní rozdělení. Konkrétně jde o vlastnosti leaf_size a seed_mass, tedy plocha listů a hmotnost semen. V takových případech je někdy užitečné pracovat nikoli se samotnou veličinou, ale s jejím logaritmem, který již má rozdělení blízké gaussovskému. Důvod je ten, že malý počet extrémních hodnot by mohl zcela zastínit efekt, který hledáme. Naproti tomu vlastnosti SLA a LDMC mají rozdělení blízké Gaussově křivce, tedy při analýzách nečiní

problém. Histogram hodnot pro čtyři použité vlastnosti ukazuje Obrázek 7, kde vidíme četnost výskytu pro celý soubor zhruba 3000 druhů zahrnutých v databázi. Je vidět, že velikosti listů se mění v rozmezí čtyř desítkových řádů, hmotnosti semen dokonce v rozmezí šesti řádů. Naproti tomu rozmezí hodnot LDMC nezahrnuje ani jeden celý řád.

4.4.3 Databáze TRY

Databáze TRY (Kattge, et al., 2020) je ambiciózní projekt celosvětové meta-databáze funkčních vlastností rostlin všech podnebných pásů. Ve skutečnosti představuje shrnutí jednotlivých částečných databází pro jednotlivé geografické oblasti. V principu by tedy měla obsahovat i vše, co obsahují databáze LEDA a Biolflor, probírané výše. To však představuje i nevýhodu, protože každá z parciálních databází používá mírně jinou nomenklaturu a například také měří veličiny v jiných jednotkách. To vše je pak v databázi TRY pomícháno a vyžaduje to zvýšenou pozornost, aby nedošlo k nesmyslným závěrům, kdy se například míchají gramy s miligramy (vlastní zkušenost autora). U některých veličin (například mechanická pevnost listů) jde zmatek tak daleko, že u jedněch rostlin je hodnota udávaná číslem, je tedy čistě kvantitativní, u jiných rostlin (patrně převzatých z jiné částečné databáze) je formulována slovně, je to tedy veličina ordinální. Použití takové veličiny je pak prakticky nemožné. Po zkušenostech s touto databází jsme se rozhodli použít ji především v těch (řidkých) případech, kdy pro některý druh údaje v databázích Biolflor nebo LEDA chybí, kdežto v TRY se dají chybějící hodnoty najít. Kromě toho jsme použili jen tři veličiny týkající se obsahu uhlíku, dusíku a fosforu v listech, ty totiž schází v obou dílčích databázích. Přehledně je uvádí Tabulka 5.

Pokud jde o způsob práce s TRY, tak ten se liší od Biolflor i LEDA tím, že neumožňuje interaktivní přístup. Jako první krok je nutné se (jednoduše a zdarma) registrovat jako uživatel. Poté je možné zadat požadavek na data, který spočívá v tom, že se specifikuje seznam druhů a seznam funkčních vlastností. Jak druhy, tak vlastnosti se zadávají svými číselnými kódy, je tedy třeba mít po ruce „slovník“, který nám řekne že například *Impatiens parviflora* má číselný kód 30396 a specifická listová plocha (SLA) je vlastnost s číselným kódem 3117. Poté sestavíme seznam číselných kódů funkčních vlastností, které chceme z databáze získat a seznam rostlin, které nás zajímají, a tyto seznamy odešleme správci databáze. Po určité době, která podle naší zkušenosti může být několik hodin ale i několik dnů, dostaneme v e-mailu odkaz na datový soubor, obsahující všechny vyžádané údaje. Tento datový soubor pak zpracováváme velmi

podobným způsobem jako datové soubory databáze LEDA, tedy pomocí vlastních skriptů v jazyce Python, které vytvoří soubory ve formátu csv.

Tabulka 5: Seznam funkčních vlastností z databáze TRY, použitých v této práci.

Název vlastnosti v TRY	Číselný kód z TRY	Akronym použitý v analýzách v této práci	Typ vlastnosti	Vysvětlivka
Leaf nitrogen (N) content per leaf dry mass	14	Leaf_N	kvantitativní	Obsah dusíku v sušině listů (mg/g).
Leaf phosphorus (P) content per leaf dry mass	15	Leaf_P	kvantitativní	Obsah fosforu v sušině listů (mg/g).
Leaf carbon (C) content per leaf dry mass	13	Leaf_C	kvantitativní	Obsah uhlíku v sušině listů (mg/g).

4.4.4 Shrnutí

Ze všech tří databází budeme používat celkem 18 funkčních vlastností. Z nich 11 pochází z databáze Bioflor, čtyři z databáze LEDA a tři z databáze TRY. Celkem devět funkčních vlastností je ordinálních (všechny pocházejí z databáze Bioflor), ostatní funkční vlastnosti jsou kvantitativní. KATEGORIÁLNÍ funkční vlastnosti v této práci nevyšetřujeme, ačkoli by byly také velmi užitečné a zajímavé. Důvod je ten, že by vyžadovaly o hodně jiný způsob statistického zpracování, čímž by se tato práce rozpadla na dvě poněkud heterogenní části. Z uvažovaných funkčních vlastností se polovina, tedy devět vlastností, týká nějakým způsobem listů, přesněji asimilačních orgánů. Dalších pět funkčních vlastností se týká reprodukce a semen, tři funkční vlastnosti se vztahují k průběhu života rostliny. Poslední vlastnost, urbanita, není ve skutečnosti funkční vlastností v přísném slova smyslu a zařadili jsme ji sem pro zajímavost.

4.5 Meteorologická data

Pro srovnání výsledků pocházejících ze sběrů z roků 2019 a 2023 je potřebné znát chod počasí v zájmovém území v době předcházející pořízení fytoecnologických snímků.

Proto jsme z webových stránek Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ, 2023) stáhli datové soubory obsahující denní hodnoty průměrných denních teplot a denních srážkových úhrnů, a to pro stanice Ondřejov a Vlašim. Data mají několik nevýhod, především tu, že stanice Ondřejov se nachází v poněkud netypicky vysoké nadmořské výšce, zatímco stanice Vlašim leží poněkud stranou zájmového území. Přesnější data však nebyla k dispozici. Pro srovnání chodu počasí jsme stáhli z téhož zdroje (ČHMÚ, 2023) měsíční průměrné teploty a srážky pro celý Středočeský kraj. Tam je nevýhodou fakt, že se jedná o průměr za celý kraj, což dosti snižuje vypovídací hodnotu. Jelikož fytoecnologické snímkování jsme prováděli převážně v průběhu června, považujeme za meteorologicky rozhodující období roku měsíce duben až červen. Přes toto období pak provádíme středování teplotních a sumování srážkových dat. Tyto výpočty provádíme pomocí vlastních skriptů v jazyce R (R Core Team, 2020).

4.6 Statistická analýza dat

Statisticky byly zpracovávány údaje z nového fytoecnologického snímkování z roku 2023 a souběžně s tím pro porovnání i údaje ze staršího snímkování z roku 2019, které byly zveřejněny v mé bakalářské práci (Slanina, 2021) jakožto Příloha 1. Před statistickou analýzou bylo nutné udělat ještě předběžný krok, totiž propojení s daty vytaženými z databází Biolflor, LEDA a TRY. Jelikož každá z těchto databází používá poněkud odlišnou nomenklaturu rostlinných druhů a námi použitá nomenklatura z klíče (Kaplan, et al., 2019) je také ještě jiná, je nutné sestavit tabulku synonym. Pak už je propojení dat přímočaré.

Každá ze studovaných funkčních vlastností je pro daný druh vyjádřena číslem, kvantitativní vlastnost přímo svou hodnotou a ordinální vlastnost číslem vyjadřujícím pořadí (viz Příloha 1). Pro každou lokalitu a každou funkční vlastnost byl vypočítán vážený průměr společenstva (tzv. *community weighted mean*) podle procentuální pokryvnosti jednotlivých druhů na dané lokalitě. Tím dostáváme tabulku průměrných hodnot funkčních vlastností na jednotlivých lokalitách. To provádíme jak pro sběr 2019 tak pro sběr 2023. Samotné výpočty byly provedeny pomocí vlastních skriptů v jazyce Python. Výstupem jsou soubory ve formátu csv. Veličiny jsou průběžně označovány svými akronymy, tak, jak je uvádí Tabulka 3, Tabulka 4 a Tabulka 5. Kromě toho jsme provedli u veličin plochy listů a hmotnosti semen nejen výpočet jejich vážených průměrů,

ale i vážených průměrů jejich logaritmů, jelikož tyto dvě veličiny mají široké rozdělení, jak jsme to uváděli v oddílu 4.4.2, viz Obrázek 7. Akronymy pro tyto vážené průměry pak označujeme \ln_seed_mass pro logaritmus hmotnosti semen a \ln_leaf_size pro logaritmus plochy listů.

Získaná data byla zpracována nejprve na úrovni souhrnných statistik, a to vykreslením krabicových diagramů a následně ověřením jejich statistické významnosti metodou analýzy variance (ANOVA). Obojí bylo prováděno pomocí vestavěných funkcí jazyka R (R Core Team, 2020). Hledaly se závislosti na třech faktorech: jednak na roku sběru (2019 nebo 2023), dále na charakteru stromového patra (jehličnatý nebo smíšený nebo listnatý), jednak na předchozím využití (pole nebo louka nebo sad). Pro závislosti na stromovém patře a předchozím využití se sběry 2019 a 2023 posuzovaly zvlášť.

Jako druhý krok byla prováděna multikomponentová analýza pomocí programu CANOCO 5 (Lepš & Šmilauer, 2003). Výsledkem jsou ordinační diagramy, v nichž jsou vyneseny skóre jednotlivých rostlinných druhů na první a druhé ordinační ose a spolu s nimi zakresleny jednak hodnoty funkčních vlastností, jednak hodnoty získané půdními rozbory. Prováděla se v první řadě nepřímá (neboli neomezená – *unconstrained*) gradientová analýza, v níž se ordinační osy stanovují čistě na základě pokryvnosti jednotlivých druhů na jednotlivých lokalitách, a to tak, aby první ordinační osy vystihly maximum variability výskytu. Do těchto diagramů se teprve druhotně vkreslují veličiny, které mohou vyjadřovat ekologický gradient (odtud název nepřímá gradientová analýza). Všechny takové veličiny, včetně všech funkčních vlastností rostlin a výsledků půdních rozborů hrají v těchto ordinačních diagramech roli doplňkových veličin. V druhé řadě se prováděla přímá (neboli omezená – *constrained*) gradientová analýza, kde ordinační osy se stanovují podle předem zvolených na vegetaci nezávislých veličin, u nichž předpokládáme, že vyjadřují důležitý ekologický gradient (odtud název přímá gradientová analýza). V našem případě těmito veličinami je buď předchozí využití, nebo charakter stromového patra. Ostatní veličiny hrají roli doplňkových veličin.

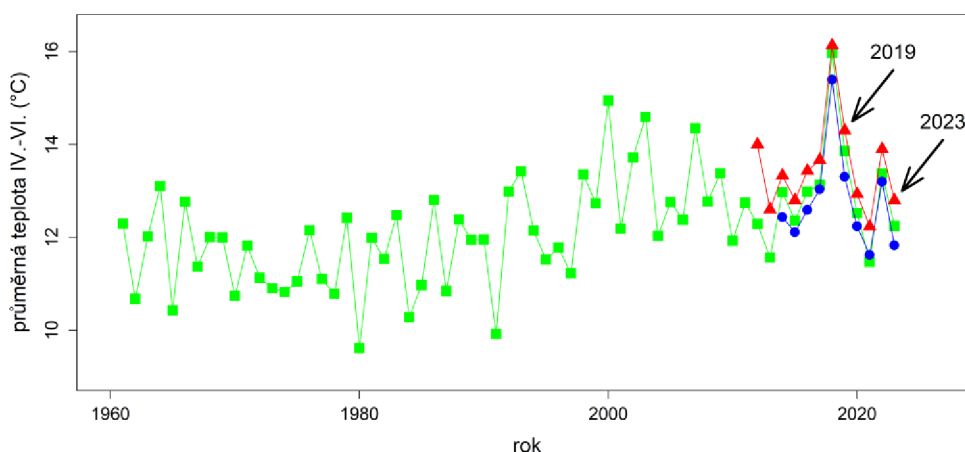
Ordinační diagramy byly vytvářeny jen se započtením druhů bylinného patra, ale včetně semenáčků dřevin. Z mnoha nastavitelných parametrů analýz v programu CANOCO 5 byla zvolena logaritmická transformace pokryvnosti druhů podle vzorce $Y' = \log(Y + 1)$. Nebylo použito detrendování, jelikož zkušenost ukázala, že detrendování vnáší do výsledků prvek libovolnosti a není tudíž jasné, co je skutečný efekt a co artefakt detrendování. Podle našeho názoru je motivace k detrendování spíše estetického než vědeckého rázu. V těchto nastaveních se v této práci shodujeme

s nastavením použitým v mé bakalářské práci (Slanina, 2021). Na rozdíl od analýz v bakalářské práci zde nebyla nastavena volba požadující potlačení řídce zastoupených druhů.

5 Výsledky

5.1 Předběžný krok: meteorologická data

Pro meteorologická data jsme měli k dispozici denní teplotní a srážkové údaje ze stanic Ondřejov a Vlašim (ČHMÚ, 2023). Pro Ondřejov z let 1961–2023 a pro Vlašim z let 2014–2023. Kromě toho jsme měli k dispozici regionální měsíční teplotní a srážkové údaje pro Středočeský kraj, pro léta 2012–2023. Údaje jsme pro každý rok zprůměrovali (teploty), respektive sečetli (srážky) přes rozhodující období duben až červen. Výsledky ve formě grafů ukazuje Obrázek 8 pro teplotní průměry a Obrázek 9 pro srážkové úhrny v daném období roku.



Obrázek 8 Průměrné denní teploty v období duben až červen. Symboly rozlišují datovou sadu: stanice Ondřejov (čtverec) stanice Vlašim (kruh) a regionální pro Středočeský kraj (trojúhelník). Pro větší zřetelnost jsou hodnoty pro Středočeský kraj v letech sběrů 2019 a 2023 označeny šipkami.

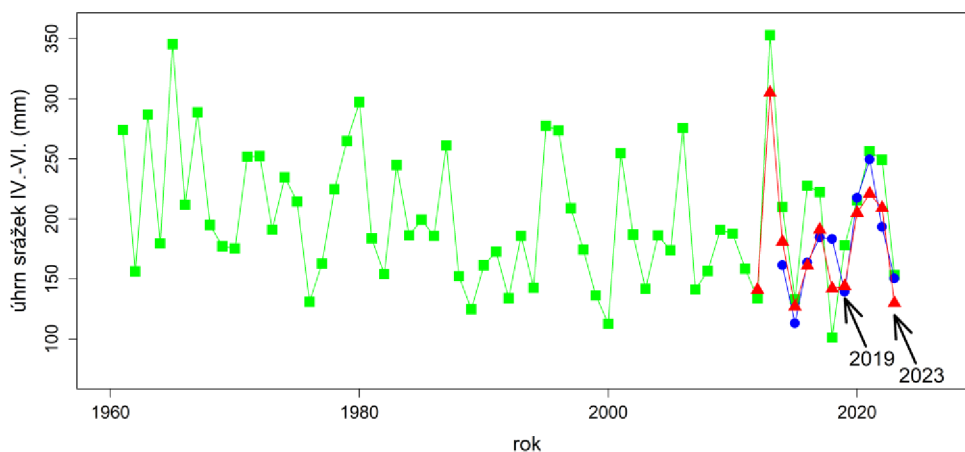
Z grafů především vidíme, že všechny tři datové sady vykazují tentýž běh meteorologických dat: zvyšování a snižování hodnot je prakticky souběžné. Z toho plyne, že i když žádná z datových sad není zcela ideální pro odhad teplot a srážek na našich lokalitách (Ondřejov má vyšší nadmořskou výšku, Vlašim leží poněkud stranou a regionální data jsou zprůměrovaná přes celé střední Čechy), můžeme ve skutečnosti dobře použít kteroukoli z nich, pokud nás zajímají obecné rozdíly ovlivňující fytoecologická

data sbíraná v letech 2019 a 2023. Tyto rozdíly tedy na základě grafů, jak je ukazuje Obrázek 8 a Obrázek 9 můžeme formulovat takto:

a) Rok 2023 byl celkově chladnější než rok 2019 a navíc následoval po sérii chladnějších let.

b) Rok 2023 byl celkově poměrně suchý, a to zhruba stejně suchý jako rok 2019, ale následoval po sérii vlhkých let, zatímco rok 2019 následoval po sérii suchých let.

Z těchto závěrů pak budeme očekávat, že fytoocenologické snímky sebrané v roce 2023 budou oproti roku 2019 reflektovat vegetaci ovlivněnou menšími horky a menším suchem.



Obrázek 9 Srážkové úhrny v období duben až červen. Symboly rozlišují datovou sadu: stanice Ondřejov (čtverec) stanice Vlašim (kruh) a regionální pro Středočeský kraj (trojúhelník). Pro větší zřetelnost jsou hodnoty pro Středočeský kraj v letech sběrů 2019 a 2023 označeny šipkami.

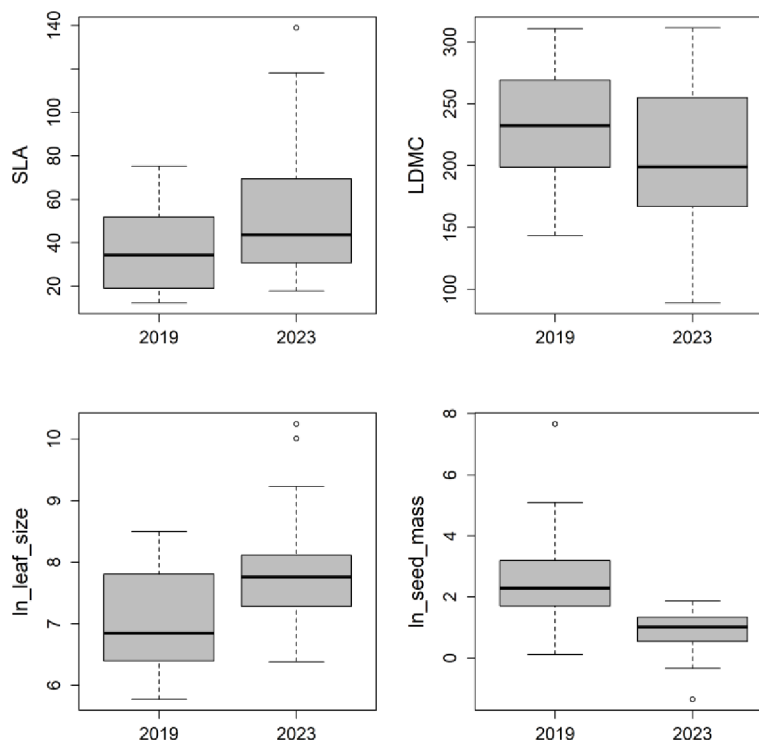
5.2 Fytoocenologické snímkování

5.2.1 Datové soubory

V této diplomové práci vyhodnocujeme dvě sady fytoocenologických dat. První sadu představují snímky sebrané v roce 2019 na 35 lokalitách, které uvádí Tabulka 1 a publikované v mé bakalářské práci (Slanina, 2021). Druhou sadu představují nové snímky pořízené na identických lokalitách v roce 2023. Datum pořízení každého z těchto nových snímků uvádí Tabulka 1. Celkovou tabulku všech snímků z roku 2023 uvádíme v příloze, konkrétně je to Příloha 3.

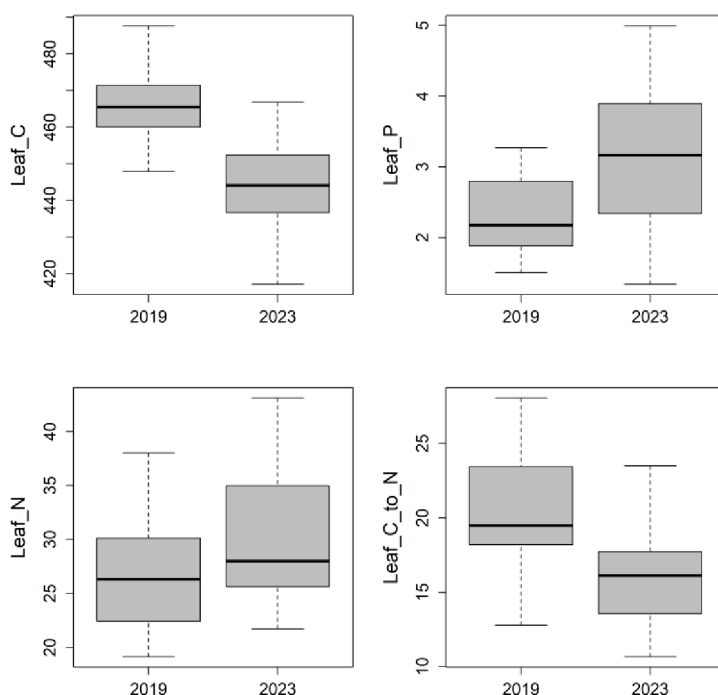
5.2.2 Celkové statistiky

S použitím tabulek fytoecnologických snímků ze sběrů z let 2019 a 2023 byly vypočteny vážené průměrné hodnoty funkčních vlastností rostlin bylinného patra pro každou lokalitu. Tyto hodnoty jsou uvedeny v příloze (Příloha 4).



Obrázek 10 Srovnání hodnot funkčních vlastností ve sběrech z roku 2019 a roku 2023. Zde srovnáváme hodnoty specifické listové plochy (SLA), obsahu sušiny v listech (LDMC) a logaritmů listové plochy a hmotnosti semen. Všechny zobrazené dvojice dat jsou statisticky průkazně rozdílné na hladině $p < 0,05$.

Zabývali jsme se závislostí hodnot funkčních vlastností na roku sběru fytoecnologických dat, na charakteru stromového patra a na předchozím využití. Pro ověření jejich statistické významnosti jsme použili metodu analýzy variance (ANOVA). Výpočet byl proveden pomocí vestavěné funkce `aov` jazyka R. Pro každou funkční vlastnost jsme počítali parametr významnosti $p = P(>F)$. Hodnoty parametru p pro všechny kombinace závislostí uvádí Příloha 2. Závislost jsme považovali za prokázanou (přesnější formulace je: nikoli vyvrácenou) na hladině významnosti 95%, pokud $p < 0,05$. V těchto případech jsme závislost vizualizovali pomocí krabicových diagramů.

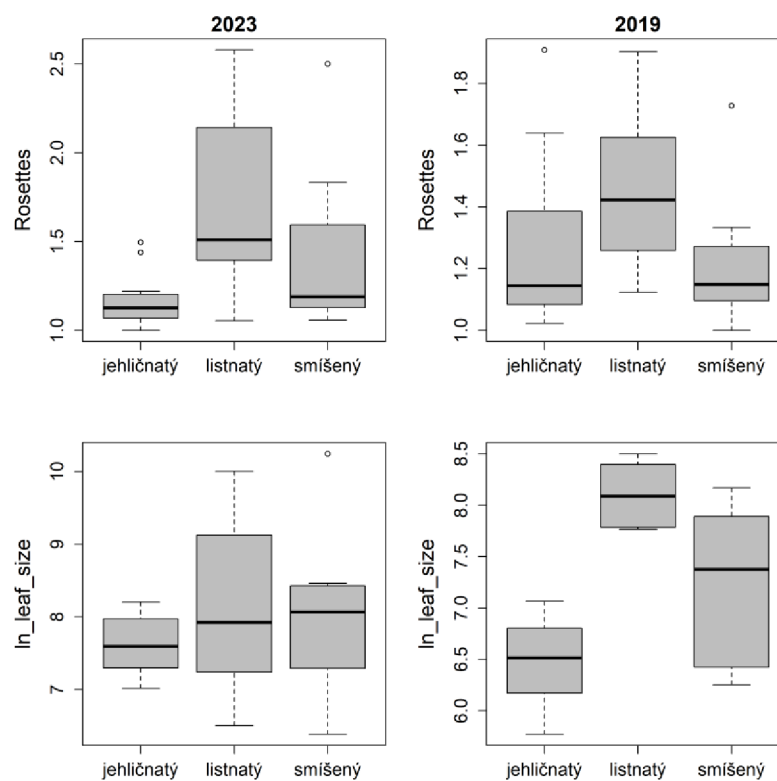


Obrázek 11 Srovnání hodnot funkčních vlastností ve sběrech z roku 2019 a roku 2023. Zde srovnáváme hodnoty obsahu uhlíku, fosforu a dusíku v listech a poměru uhlíku k dusíku v listech. Všechny zobrazené dvojice dat jsou statisticky průkazně rozdílné na hladině $p < 0,05$.

Nejprve jsme se zabývali závislostí hodnot funkčních vlastností na roku sběru fytoecologických dat. Ukázalo se, že mezi roky 2019 a 2023 se výrazně změnily některé vlastnosti asimilačních orgánů. Konkrétně v roce 2023 pozorujeme zvýšení specifické listové plochy (SLA), snížení obsahu sušiny v listech (LDMC) a zvětšení listové plochy. Pokud jde o listovou plochu, pracovali jsme s jejím logaritmem (označujeme ji akronymem \ln_leaf_size), z důvodů, které jsme podrobně rozebírali v Metodice, oddíl 4.4.2. Tyto závislosti vizualizuje Obrázek 10. Kromě těchto morfologických vlastností asimilačních orgánů je závislost na roku sběru znatelná i v chemii listů, konkrétně v roce 2023 pozorujeme nižší obsah uhlíku a vyšší obsah dusíku i fosforu v listech. Počítali jsme i relativní veličinu, totiž poměr listového uhlíku a dusíku (tuto veličinu označujeme akronymem $Leaf_C_to_N$). Tato veličina je v roce 2023 znatelně nižší. Tyto závislosti vizualizuje Obrázek 11. Pro interpretaci těchto výsledků je třeba mít na paměti, že nejde o změnu vlastností listů u téhož druhu rostlin, ale o zvýšení podílu rostlin s jinou hodnotou této vlastnosti. Jinými slovy, abychom uvedli abstraktní příklad, nedá se soudit, že by v roce 2023 měli jedinci *Impatiens parviflora* větší listy než v roce 2019, ale že

například pokryvnost *Impatiens parviflora*, oproti pokryvnosti *Oxalis acetosella* (příklad rostliny s malými listy) se v roce 2023 zvýšila.

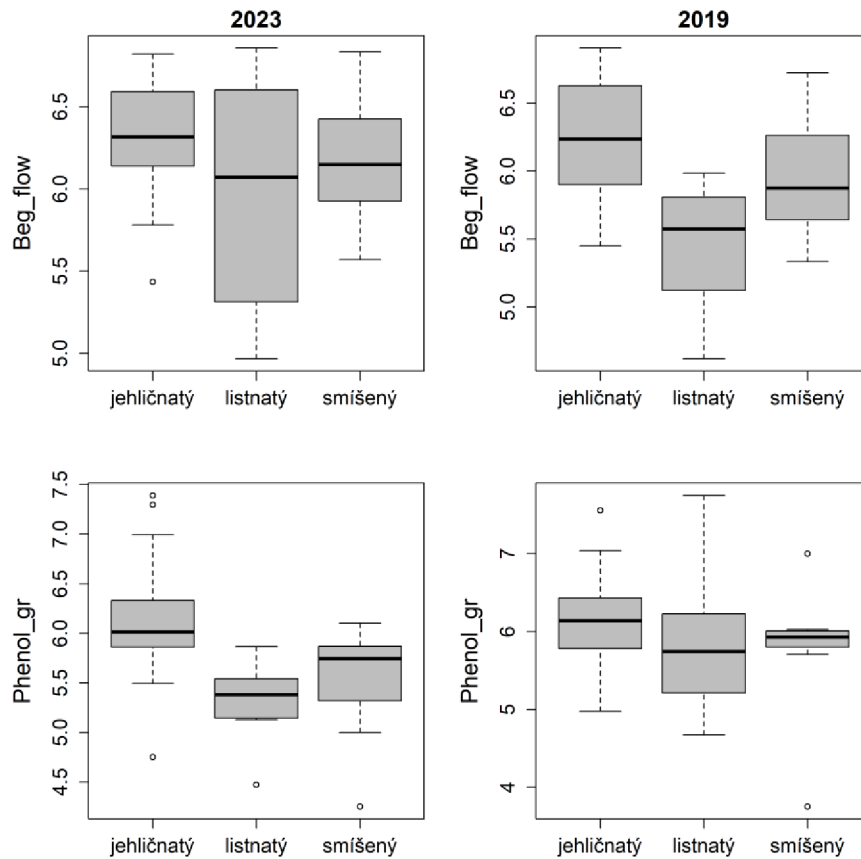
Kromě vlastností asimilačních orgánů jsme pozorovali změnu ve velikosti semen, konkrétně v roce 2023 byla průměrná velikost semen znatelně menší. I zde jsme, podobně jako u velikosti listů, a ze stejných důvodů (viz Metodika, oddíl 4.4.2) pracovali s logaritmem veličiny (akronym `ln_seed_mass`). Detailnější zkoumání této změny naznačilo, že jde patrně o vliv započtení semenáčků listnatých dřevin, kterých bylo v roce 2019 relativně více (ve smyslu pokryvnosti) než v roce 2023, ve srovnání s pokryvností bylin.



Obrázek 12 Závislost růžicovitosti a logaritmu velikosti listů na charakteru stromového patra, pro sběry v letech 2019 a 2023.

Dále jsme se zabývali závislostí hodnot funkčních vlastností na charakteru stromového patra. Poněkud překvapivě nejvýraznější a v čase nejstálější závislost vykazuje růžicovitost. Rostliny bylinného patra listnatých lesů se vyznačují znatelně vyšší růžicovitostí, jak ukazuje Obrázek 12. V listnatých lesích se nacházejí také byliny s většími listy, tato závislost je však výrazná pouze ve sběru z roku 2019, kdežto v datech z roku 2023 je pouze nezřetelná, jak ukazuje opět Obrázek 12. Pohled na Obrázek 12 nám

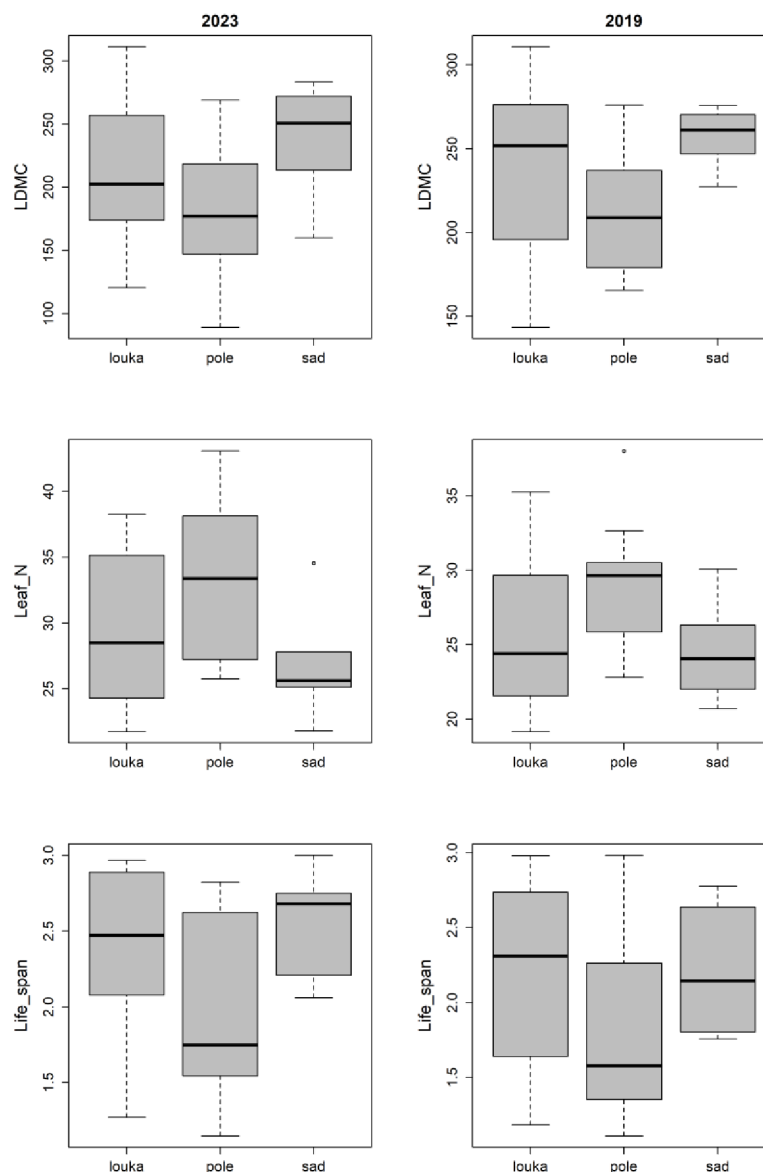
upřesní, že mezi roky 2019 a 2023 došlo k tomu, že průměrná velikost listů v podrostu listnatých lesů zůstala prakticky beze změny, kdežto v jehličnatých a smíšených lesích se zvýšila. To znamená, že v jehličnatých a smíšených lesích přibyly v bylinném patře rostliny s relativně většími listy. To lze patrně vysvětlit zdatelně vyšší pokryvností *Rubus fruticosus*, který se právě v tomto typu lesů více rozbujel, jak jsme opakovaně na zkoumaných lokalitách pozorovali na první pohled.



Obrázek 13 Závislost měsíce počátku kvetení (Beg_flow) a fenologické skupiny (Phenol_gr) na charakteru stromového patra, pro sběry v letech 2019 a 2023.

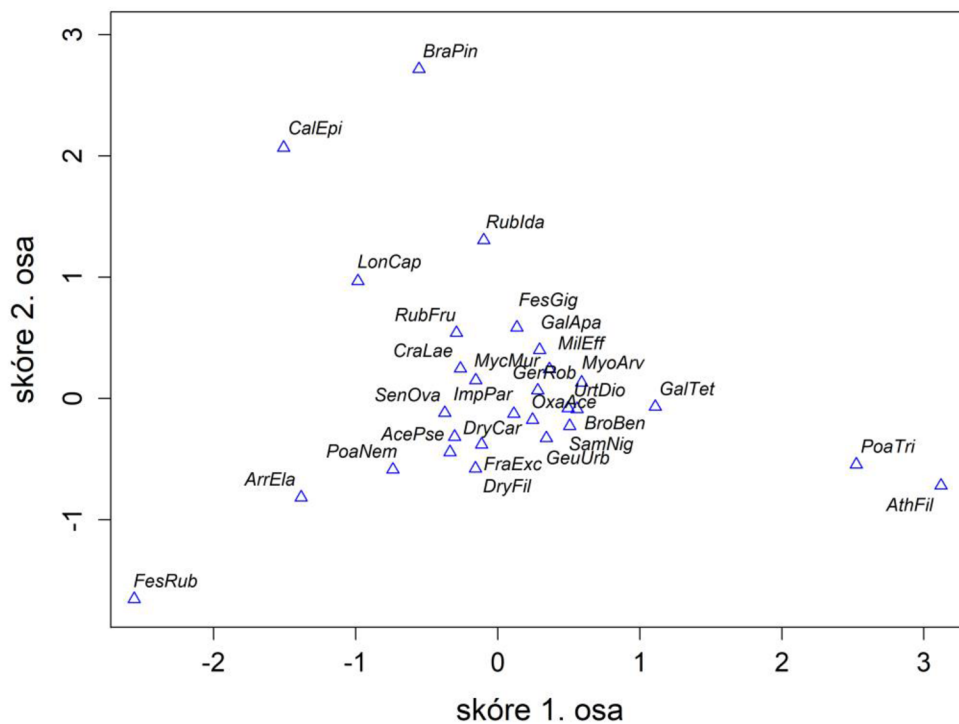
Z dalších vlastností jsme pozorovali závislost měsíce počátku kvetení a s tím spojená podobná veličina udávající fenologickou skupinu, jak je vizualizuje Obrázek 13. Pozorujeme, že v listnatých lesích je počátek kvetení časnější (a tím také fenologická skupina má nižší pořadové číslo) než v lesích jehličnatých a smíšených. To je evidentně vliv přítomnosti bylin jarního aspektu, které se mohou uplatnit jen tehdy, když v časném jaru nestíní koruny stromů. Ve sběru z roku 2023 je tento vliv méně výrazný, což si žádá vysvětlení. Obrázek 13 ukazuje, že jehličnaté a smíšené lesy se mezi roky 2019 a 2023

nemění, ale u listnatých je ve sběru 2023 začátek kvetení pozdější než u 2019. Při bližším zkoumání se ukazuje, že je to vliv několika málo lokalit, například lokalit 11 a 15, kde je celkově velmi malá pokryvnost bylinného patra, tedy náhodná fluktuace může změnit výrazně střední hodnotu počátku kvetení. Takovouto fluktuací, která zásadně změní výsledek, je například to, že u lokality 11 přibyla v roce 2023 oproti roku 2019 *Dryopteris filix-mas*, která tam v 2019 nebyla, a jelikož databáze LEDA uvádí pro *Dryopteris filix-mas* hodnotu „počátku kvetení“ = 7, silně to ovlivní výsledek. Podobně se u lokality 15 dá změna vystopovat k výskytu *Calamagrostis epigejos*.



Obrázek 14 Závislost obsahu sušiny v listech, obsahu dusíku v listech a délky života rostliny na předchozím využití lokality, pro sběry v letech 2019 a 2023.

Dále jsme se zabývali závislostí hodnot funkčních vlastností na předchozím využití lokality. Zde se především ukazuje výrazná a v čase stabilní závislost obsahu sušiny v listech (LDMC). U bývalých polí je hodnota této vlastnosti nižší. Stejně tak obsah dusíku v listech je na bývalých polích vyšší. Kromě těchto vlastností asimilačních orgánů pozorujeme také závislost délky života, a to kratší na bývalých polích. Tedy vyjádřeno slovně, na bývalých polích rostou byliny s dužnatějšími listy bohatšími na dusík, a jsou to ve větší míře jednoletky, ve srovnání s bývalými loukami a sady. Tyto závislosti ukazuje Obrázek 14. Toto pozorování v podstatě odpovídá představě o odkazu minulého hospodaření, které na bývalých polích zvýhodňuje ruderální typy krátkožijících, na živiny náročných rostlin.



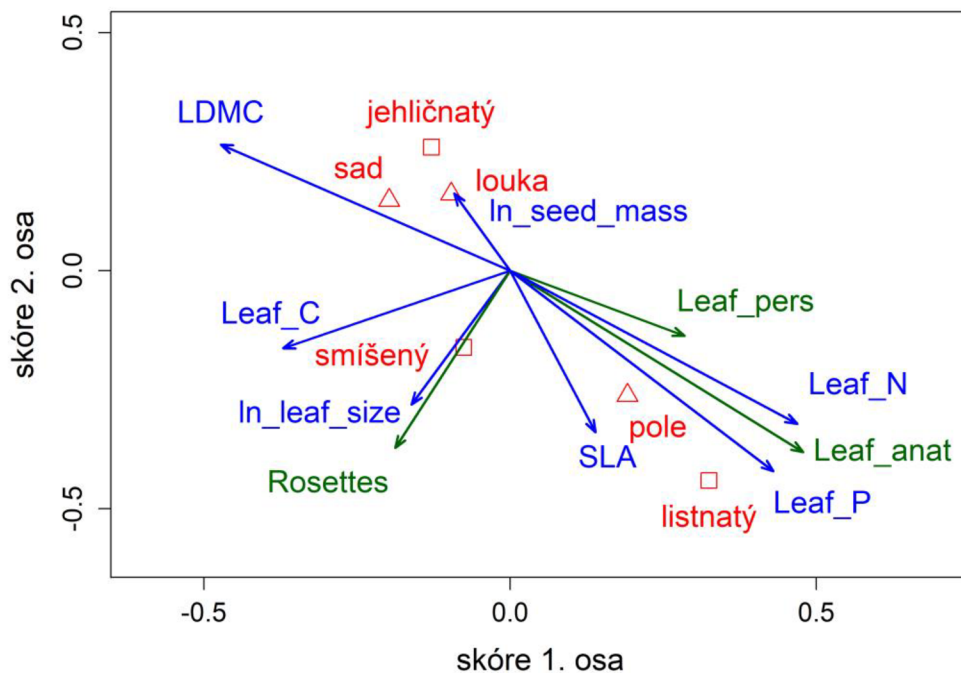
Obrázek 15 Nepřímá gradientová analýza: skóre nejdůležitějších 30 druhů bylinného patra v prvních dvou ordinačních osách.

5.2.3 Nepřímá gradientová analýza

Pomocí programu CANOCO 5 jsme provedli nepřímou gradientovou analýzu tabulky fytoocenologických snímků, se zastoupením pouze druhů bylinného patra. Algoritmus vypočte pro jednotlivé druhy skóre v ordinačním prostoru karteziánských os X a Y. Obrázek 15 vykresluje pouze 30 druhů s nejvyšší celkovou pokrývností. Úplný

ordinační diagram se všemi 96 druhy bylinného patra obsahuje Příloha 5. Podíl vysvětlené variability je přitom pro první osu 8,62 % a pro druhou osu 7,57 %. Stojí za povšimnutí, že druhy, které se vyskytují všeobecně a často s vysokou pokryvností, jako *Impatiens parviflora*, *Geranium robertianum*, *Urtica dioica*, nebo *Mycelis muralis*, se nacházejí v centru ordinačního diagramu, kdežto druhy, které se vyskytují jen na některých lokalitách, jsou umístěny v periferních částech ordinačního diagramu. Příkladem je *Brachypodium pinnatum*, které se vyskytuje na zásaditějším podkladu, což jsou v našem případě shodou okolností jehličnaté lesy, nebo *Athyrium filix-femina*, která se vyskytla pouze na jedné lokalitě (č. 24), ale zato ve větší pokryvnosti.

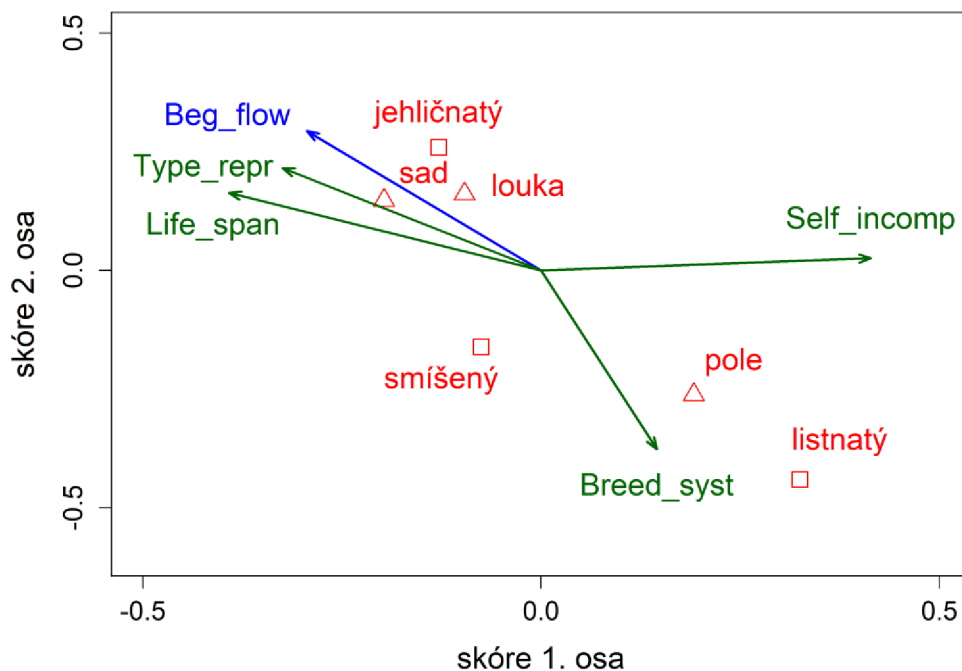
Pro ekologickou interpretaci ordinačních os vkreslujeme do ordinačního diagramu jako dodatkové proměnné centroidy kategoriálních proměnných předchozího využití a charakteru stromového patra, a vektory kvantitativních a ordinálních proměnných. Pro přehlednost nebudeme v dalších diagramech kreslit druhy, ale jen dodatkové proměnné, je proto vhodné je srovnávat s diagramem, který zobrazuje Obrázek 15.



Obrázek 16 Nepřímá gradientová analýza: dodatkové proměnné I. Vysvětlení zkratk proměnných viz Tabulka 3, Tabulka 4, Tabulka 5, str. 29–33.

Nejprve spolu s centroidy předchozího využití a charakteru stromového patra vykreslujeme funkční vlastnosti týkající se asimilačních orgánů a semen (Obrázek 16) a pak na dalším obrázku vykreslujeme ostatní funkční vlastnosti (Obrázek 17). Především

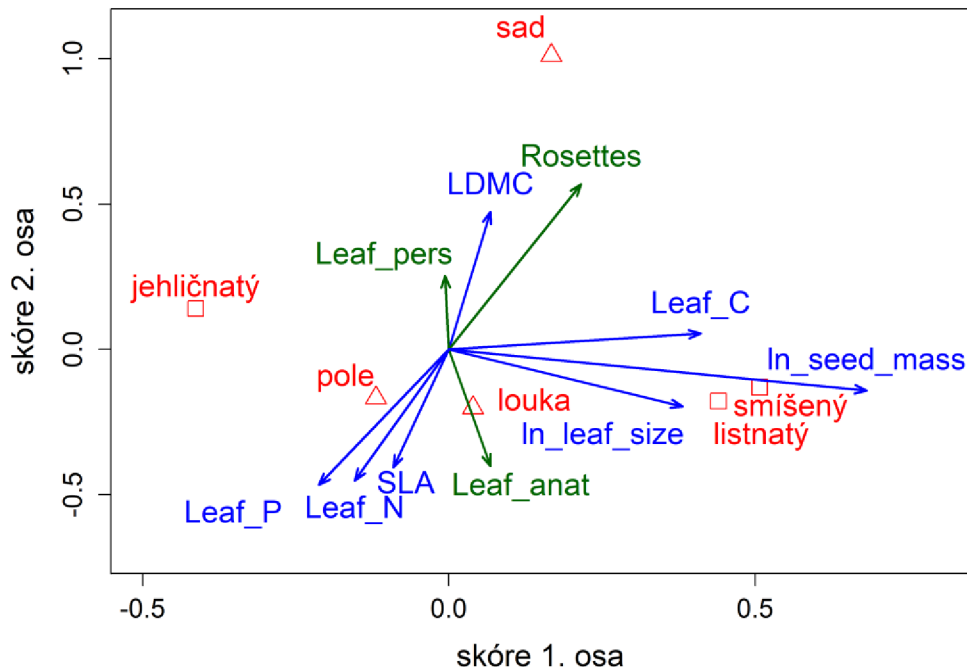
vidíme, že distinkce v předchozím využití a stromovém patru nesleduje žádnou z ordinačních os, ale táhne se diagonálně. Přitom ovšem vidíme, že podél této diagonály je jasně rozlišen ekologický gradient lesů jehličnatých–smíšených–listnatých a gradient odlišující bývalá pole od dvojice louka–sad. To celkově odpovídá očekávání. Dále vidíme, že ordinační diagram přiřadí jehličnatým lesům sady a louky, kdežto listnatým lesům pole. Zde je užitečné si uvědomit, že tato souvislost není dána fixně volbou lokalit, ale je zprostředkována podobností skladby bylinného patra. Důkazem je, jak uvidíme dále, srovnání s daty ze sběru 2019, převzatými z mé bakalářské práce (Slanina, 2021), kde vychází tato souvislost výrazně odlišně, což je dáno odlišností ve vegetaci bylinného patra.



Obrázek 17 Nepřímá gradientová analýza: dodatkové proměnné II. Vysvětlení zkratk proměnných viz Tabulka 3, str. 29.

Obrázek 16 ukazuje následující závislosti: Pokud jde o obsah sušiny v listech (LDMC), vidíme, že je vyšší ve vegetaci v bývalých sadech a loukách. Tomu také zhruba odpovídá to, že na bývalých polích je vyšší hodnota proměnné listová anatomie (Leaf_anat), která vyjadřuje míru přizpůsobení suchému (nižší hodnota) versus mokrému (vyšší hodnota) prostředí. Polím také odpovídá vyšší hodnota jak fosforu, tak dusíku v listech. Dále, Obrázek 17 ukazuje, že počátek kvetení je časnější v listnatých lesích a také na bývalých polích. Stejný trend pozorujeme také u veličin délka života rostliny

(Life_span) a tendence k vegetativnímu versus generativnímu rozmnožování (Type_repr). Vyjádřeno slovně, na polích jsou preferenčně jednoletky a byliny rozmnožující se převážně semeny. Ostatní veličiny nenabízejí žádnou jednoznačnou interpretaci.

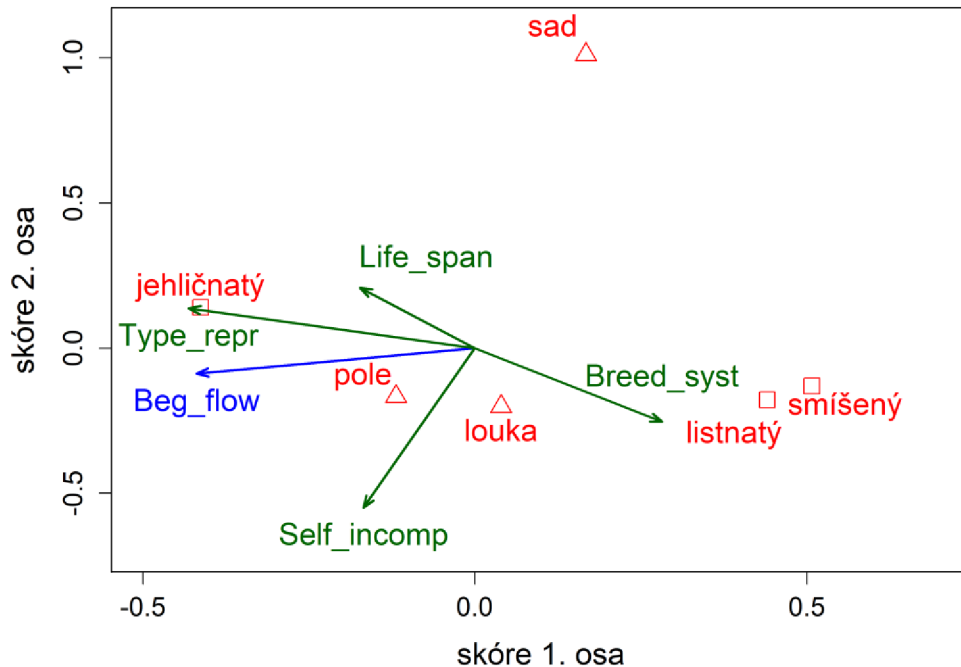


Obrázek 18 Nepřímá gradientová analýza, data ze sběru 2019: dodatkové proměnné I. Vysvětlení zkratk proměnných viz Tabulka 3, Tabulka 4, Tabulka 5, str. 29 – 33.

Abychom viděli, zda a jak se tyto závislosti vyvíjejí v čase, provedli jsme tutéž analýzu na datech z roku 2019, převzatých z mé bakalářské práce (Slanina, 2021). Pro tato data byly provedeny výpočty hodnot funkčních vlastností stejným způsobem jako pro data z roku 2023. Výsledky ukazují Obrázek 18 a Obrázek 19. Především vidíme, že centroidy pro předchozí využití a charakter stromového patra jsou rozmístěny poněkud jinak, přičemž ale osa gradientu mezi jehličnatým a listnatým lesem zůstává podobná, zatímco v předchozím využití se osa gradientu výrazněji liší od dat z roku 2023: není rovnoběžná, ale v podstatě kolmá na gradient stromového patra. Rozdíl se přitom dá přisoudit zcela odlišné poloze centroidu pro bývalé sady. Z toho vidíme, že složení bylinného patra se v ordinačních diagramech projevilo zřetelnou změnou.

Pokud jde o funkční vlastnosti, pozorujeme stejně jako v roce 2023 vyšší obsah dusíku a fosforu v listech na bývalých polích, stejně jako nižší obsah sušiny v listech.

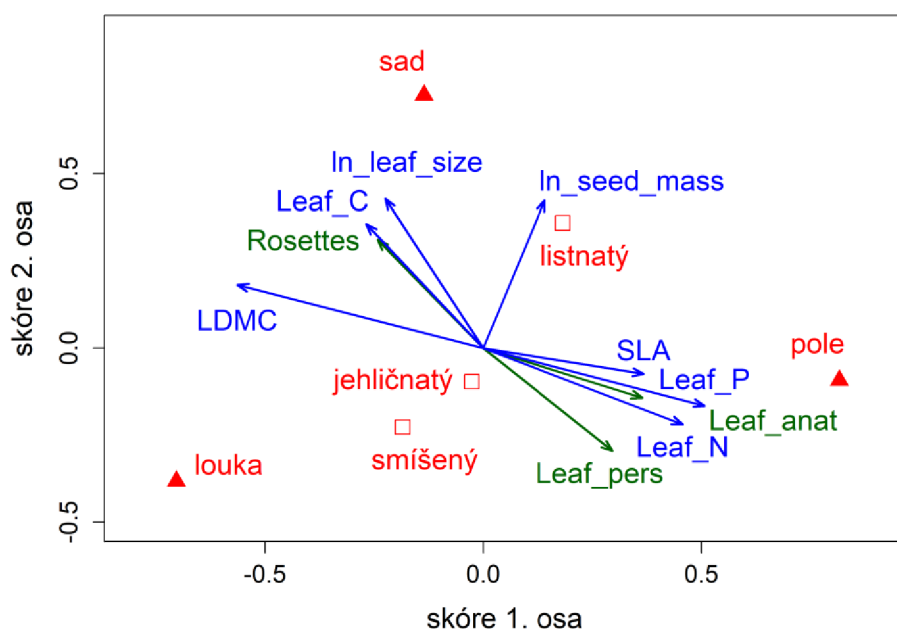
Stejná je i závislost počátku kvetení, totiž že je časnější v listnatých lesích. U délky života rostliny jsme však na datech z roku 20219 závislost pozorovanou roku 2023 nezaznamenali.



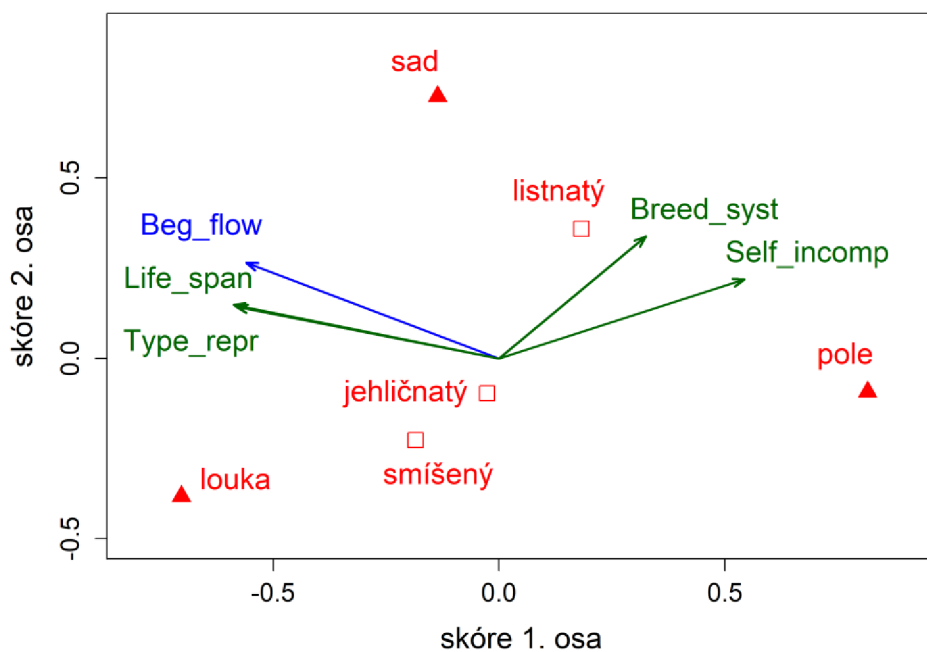
Obrázek 19 Nepřímá gradientová analýza, data ze sběru 2019: dodatkové proměnné II. Vysvětlení zkratk proměnných viz Tabulka 3, str. 29.

5.2.4 Přímá gradientová analýza

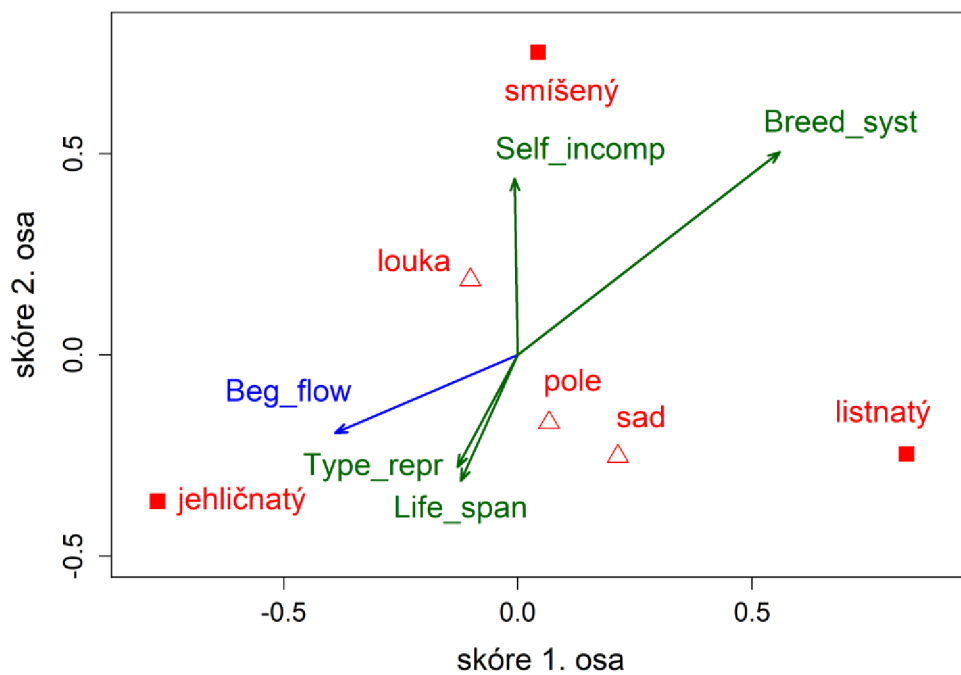
Přímá gradientová analýza zvýrazňuje získané výsledky tím, že ordinační osy volí podle předem zadaných vysvětlujících veličin. Tím se nezíská nová informace, ale může se lépe ukázat závislost, na kterou se ptáme. Nejprve volíme jako vysvětlující proměnnou předchozí využití. V ordinačním diagramu vložíme jako dodatkové proměnné funkční vlastnosti. Výsledek ukazuje Obrázek 20 a Obrázek 21. Potvrzují se závěry již zmíněné u nepřímé gradientové analýzy v předchozím oddíle: bývalá pole se vyznačují rostlinami s vyšším obsahem dusíku a fosforu v listech, s menším obsahem sušiny v listech, s anatomii listů spíše adaptovanou na vlhčí prostředí a jsou to rostliny spíše jednoleté a rozšiřující se převážně generativně. Tutěž přímou gradientovou analýzu jsme provedli i s daty ze sběru z roku 2019 a závěry jsou stejné, ačkoli detailní forma ordinačního diagramu je poněkud jiná (pootočená). Můžeme tedy tyto závislosti považovat za víceméně stabilní v čase.



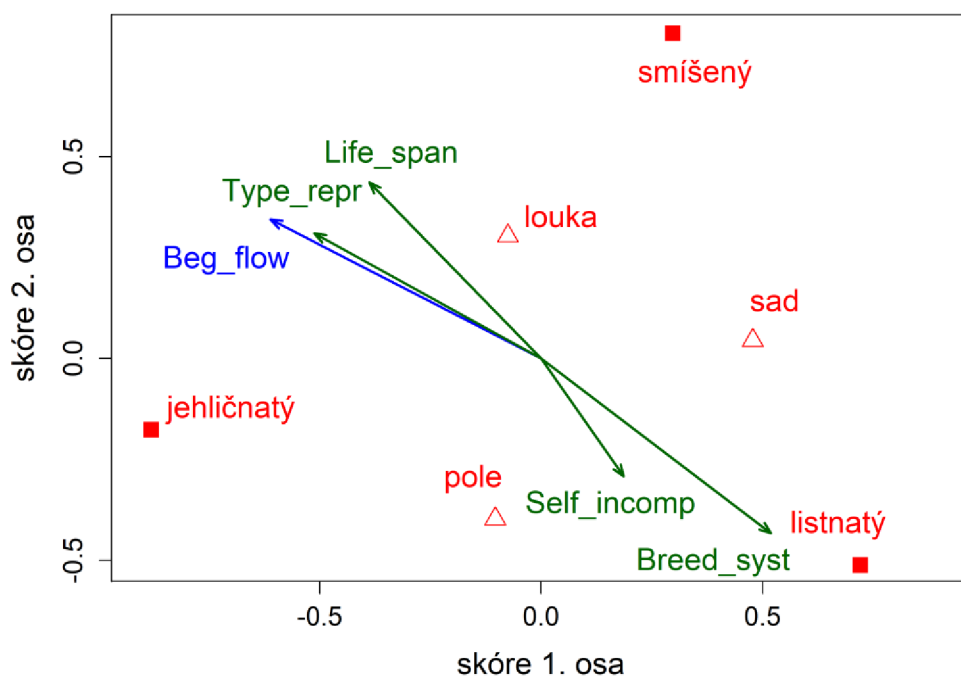
Obrázek 20 Přímá gradientová analýza s předchozím využitím jako vysvětlující proměnnou: dodatkové proměnné I. Vysvětlení zkratk proměnných viz Tabulka 3, Tabulka 4, Tabulka 5, str. 29–33.



Obrázek 21 Přímá gradientová analýza s předchozím využitím jako vysvětlující proměnnou: dodatkové proměnné II. Vysvětlení zkratk proměnných viz Tabulka 3, str. 29.



Obrázek 22 Přímá gradientová analýza s charakterem stromového patra jako vysvětlující proměnnou. Vysvětlení zkratk proměnných viz Tabulka 3, str. 29.



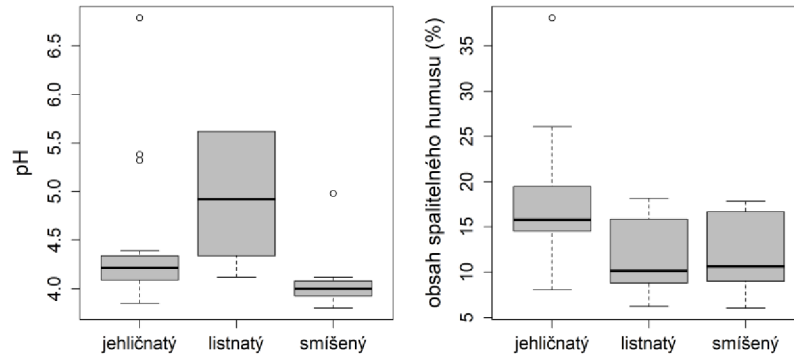
Obrázek 23 Přímá gradientová analýza, data ze sběru z roku 2019, s charakterem stromového patra jako vysvětlující proměnnou. Vysvětlení zkratk proměnných viz Tabulka 3, str. 29.

Dále jsme zvolili jako vysvětlující proměnnou charakter stromového patra. Výsledek ukazuje Obrázek 22. Zde nás zajímá hlavně vlastnost počátek kvetení. Ukazuje se, že není jednoznačně časnější v listnatých lesích, spíše by se dalo formulovat tak, že je pozdější v jehličnatých lesích. Ve skutečnosti to přesně odpovídá tomu, co jsme pozorovali v krabicových diagramech, Obrázek 13. Naproti tomu tatáž analýza s daty z roku 2019, jak ji zobrazuje Obrázek 23, potvrzuje, že v těchto datech je počátek kvetení jednoznačně časnější v listnatých lesích. Tato funkční vlastnost tedy není zcela jasně v čase stabilní.

5.3 Půdní rozbory

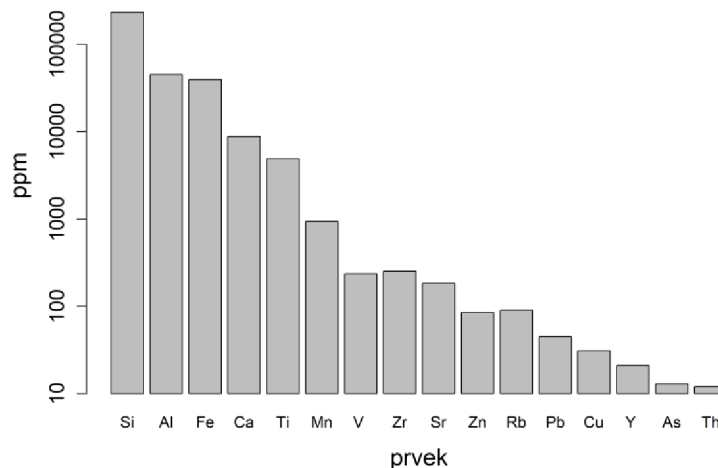
Na vzorcích půdy, odebraných při fytoecologickém snímkování v roce 2023 jsme změřili pH, obsah spalitelného humusu a provedli prvkovou analýzu pomocí rentgenového spektroskopu. Celkovou tabulku všech výsledků uvádíme v příloze (Příloha 6). Zkoumali jsme, jak tyto půdní charakteristiky korespondují s předchozím využitím lokality a s charakterem stromového patra. Míru závislosti jsme zjišťovali metodou analýzy variance (ANOVA), konkrétně pomocí funkce `aov` jazyka R. Pro každou veličinu jsme počítali parametr významnosti $p = P(>F)$. Hodnoty parametru p pro všechny kombinace závislostí uvádí Příloha 2. Závislost jsme považovali za prokázanou (přesnější formulace je: nikoli vyvrácenou) na hladině významnosti 95 %, pokud $p < 0,05$. Pro tyto veličiny jsme závislost vizualizovali pomocí krabicových diagramů.

Především se prokázala závislost jak půdního pH, tak obsahu spalitelného humusu na charakteru stromového patra. Tyto závislosti zobrazuje Obrázek 24. Vidíme, že listnaté lesy se vykazují znatelně vyšším půdním pH oproti jak jehličnatým, tak smíšeným lesům. To je snadno pochopitelné, jelikož přítomnost jehličnatého opadu značně přispívá k okyselení půdního prostředí. Jehličnaté lesy mají také znatelně vyšší obsah spalitelného humusu. I tento rys je snadno interpretovatelný, jelikož jehličnatý opad je podstatně hůře rozložitelný než listnatý, jednak již svou strukturou a jednak sekundárně okyselením prostředí. Závislost pH a obsahu spalitelného humusu na předchozím využití lokalit se nepozorovala.



Obrázek 24 Závislost půdního pH a obsahu spalitelného humusu na charakteru stromového patra.

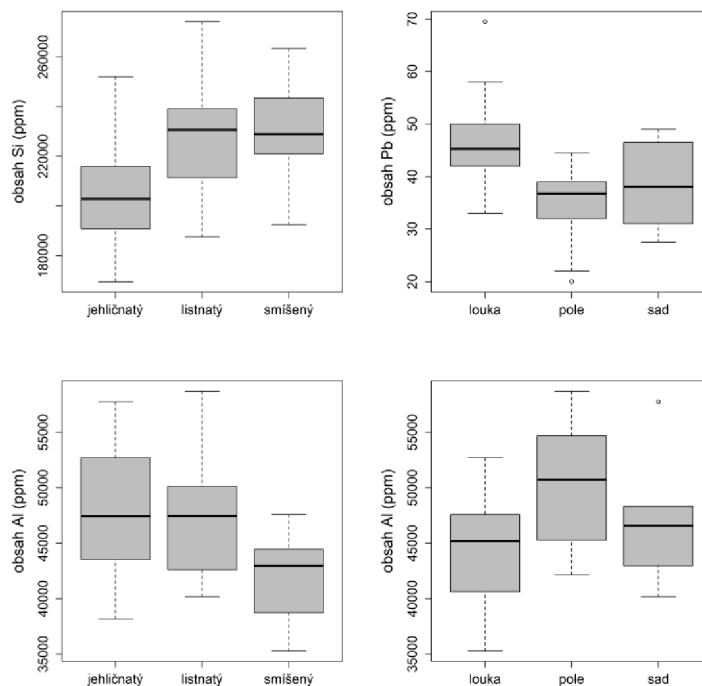
Pokud jde o prvkovou analýzu, uvedme nejprve celkové zastoupení prvků ve zkoumaných vzorcích. Detektor zaznamená pouze prvky těžší než hořčík, lehké prvky tedy v analýze nejsou přítomny. Souhrnné zastoupení ve všech vzorcích ukazuje Obrázek 25. Nepřekvapuje, že dominují hlavní prvky, z nichž se obecně skládají horniny podloží, tedy křemík, hliník, železo, vápník a také titan. Absence síry, fosforu a draslíku je dána zřejmě tím, že tvoří převážně rozpustné sloučeniny. Z těžkých prvků stojí za zmínku poměrně vysoký obsah olova a přítomnost arzenu. Naproti tomu nikde nebyly nalezeny měřitelné stopy kontaminace rtuť a kadmíem.



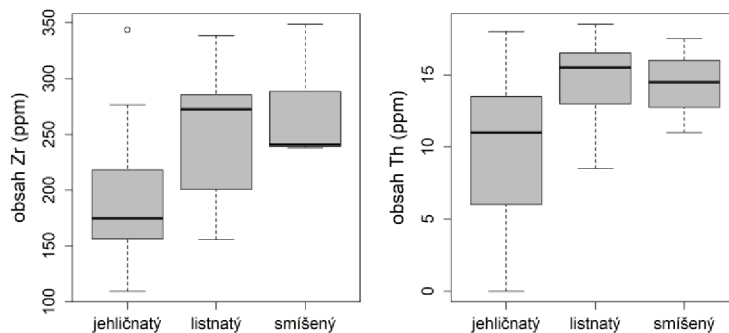
Obrázek 25 Celkový obsah prvků těžších než Mg v půdních vzorcích ze zkoumaných lokalit. Svislá osa je zobrazena v logaritmickém měřítku.

Závislost obsahu prvku na předchozím využití a na charakteru stromového patra se prokázala jen v několika málo případech. Ty nejdůležitější ukazuje Obrázek 26. Především se jedná o obsah křemíku a hliníku, tedy dvou hlavních horninotvorných

prvků. Křemík má nižší obsah na lokalitách s jehličnatým lesem, kdežto hliník má nižší obsah na lokalitách se smíšeným lesem. Tato závislost zřejmě souvisí s horninovým podložím a v rámci naší práce ji nedokážeme interpretovat. Totéž patrně platí i pro pozorovaný vyšší obsah hliníku na bývalých polích, který by se také dal vysvětlit odlišným půdním typem, přesněji preferenční volbou určitého půdního typu pro použití jako orné půdy. Konečně, byla pozorována také zvýšená koncentrace olova na bývalých loukách. Zde se nabízí, možná spekulativní, souvislost s mysliveckými aktivitami v minulosti.



Obrázek 26 Závislost obsahu vybraných prvků (křemík, hliník a olovo) v půdě na charakteru stromového patra a na předchozím využití.



Obrázek 27 Závislost obsahu zirkonia a thoria v půdě na charakteru stromového patra.

Nakonec uvedme jako spíše jen kuriozitu pozorovanou závislost obsahu dvou řídce zastoupených prvků, totiž zirkonia a thoria, na charakteru stromového patra, viz Obrázek 27. Oba tyto prvky mají snížený obsah v jehličnatých lesích, což ale považujeme za shodu okolností danou složením hornin podloží. Pro hlubší zkoumání nemáme v této práci kapacitu, ani potřebné teoretické znalosti z geologie.

Ostatní závislosti obsahu prvků v půdě jsou statisticky nevýznamné.

6 Diskuse

Jelikož jedním z hlavních cílů práce je srovnání vegetace v roce 2019 s rokem 2023, začněme několika obecnými pozorováními na zkoumaných lokalitách. Především zůstává v platnosti obecný charakter stromového patra: rozdělení na jehličnaté, smíšené a listnaté lesy nemá důvod se měnit. Nicméně i zde jsme pozorovali změny, nebo přesněji řečeno vývoj. Již v roce 2019 jsme konstatovali, že v jehličnatých lesích, což na našich lokalitách byly převážně borové, méně modřínové a jen výjimečně smrkové, dochází k sukcesnímu vývoji, kdy v nižší etáži podrůstají listnaté stromy, zejména *Acer pseudoplatanus*. Tento vývoj byl v roce 2023 opět výrazně znatelnější. Také jsme v roce 2019 konstatovali, že většina borových porostů je ponechána zcela bez výchovy. To sice většinou platí i v roce 2023, ale na některých lokalitách již byly pozorovatelné zásahy. Tolik pokud se jedná o stromové patro. Keřové a bylinné patro se ve srovnání s rokem 2019 vyznačovalo opět o něco vyšší pokryvností *Sambucus nigra* a především podstatně vyšší pokryvností *Rubus fruticosus*, který místy zcela vytlačil dříve přítomné byliny a někde způsobil praktickou neprostupnost porostu. Tomu částečně připisujeme o něco nižší počet položek bylinného patra (96 druhů) oproti stavu roku 2019 (113 druhů). Poněkud nás překvapila nižší pokryvnost *Impatiens parviflora*, která nebyla ani zdaleka tak dominantní jako v roce 2019. Scházely také některé i v roce 2019 řidčeji zastoupené druhy jako *Viola hirta*. Jiné řidké druhy, jako například *Asarum europaeum* se naopak objevily. To ovšem považujeme za náhodné fluktuace. Systematicky jsme na většině lokalit pozorovali vyšší pokryvnost kapradin, zejména nejčastější *Dryopteris filix-mas*, ale i téměř stejně časté *Dryopteris carthusiana* a ojedinele *Athyrium filix-femina*. Stojí za speciální zmínku i proto, že svými velkými listy ovlivnily statistiku funkční vlastnosti `leaf_size`, neboli velikost listové plochy. Změnu v pokryvnosti nejvíce zastoupených rostlin vidíme také z toho, že v roce 2019 bylo deset bylin s největší pokryvností (v sestupném pořadí) *Impatiens parviflora*, *Rubus fruticosus*, *Geranium robertianum*, *Alliaria petiolata*, *Calamagrostis epigejos*, *Brachypodium pinnatum*, *Urtica dioica*, *Oxalis acetosella*, *Rubus idaeus*, *Geum urbanum*, kdežto v roce 2023 to byly *Rubus fruticosus*, *Impatiens parviflora*, *Galium aparine*, *Urtica dioica*, *Oxalis acetosella*, *Geranium robertianum*, *Galium tetrahit*, *Brachypodium pinnatum*, *Myosotis arvensis*.

Mezi všeobecnými pozorováními je také nutné zmínit, že mezi některými lokalitami byl naprostý nepoměr v celkové pokryvnosti. Již jsme zmínili prakticky neprostupné houštiny ostružiníku (lokalita 29 a další), podobně hustě zarostlé byly i lokality, kde dominovaly trávy a *Galeopsis tetrahit* (lokalita 22). Oproti tomu například lokalita 15, kde stromovému patru dominoval *Quercus rubra* a nadložní humus tvořil kompaktní špatně rozloženou hmotu, nebylo prakticky žádné bylinné patro. Náhodný výskyt několika málo druhů s minimální pokryvností tak zásadním způsobem ovlivnil v analýzách použité hodnoty funkčních vlastností.

Jelikož důraz této práce je na strukturální aspekty, konkrétně na rozložení funkčních vlastností rostlin, zajímá nás zejména to, na čem hodnoty těchto funkčních vlastností závisejí. Kvantitativně jsme odlišnosti ve vegetaci bylinného patra mezi lety 2019 a 2023 a také závislost vegetace na charakteru stromového patra a na předchozím využití studovali prostřednictvím funkčních vlastností rostlin a metodou analýzy variance (ANOVA). Tam, kde se prokázala statisticky významná závislost, vizualizovali jsme ji prostřednictvím krabicových diagramů.

Pokud jde o závislost na minulém využití lokality v minulosti, ukázalo se jednoznačně a statisticky průkazně (na hladině významnosti 95 %), že bývalá pole se vyznačují bylinným patrem s rostlinami o nižším obsahu sušiny v listech, vyšším obsahem dusíku v listech a s kratším věkem rostliny, tedy že se ve vegetaci vyskytuje více jednoletků. Tyto závislosti jsou stabilní v čase, přinejmenším zůstávají v platnosti jak v datech ze sběru roku 2019, tak roku 2023. Na tomto místě je užitečné připomenout závěry z mé bakalářské práce (Slanina, 2021), kde se závislost hledala v ellenbergovských indikátorech rostlin. Výsledky tehdy vykazovaly jen velmi slabou, pokud vůbec nějakou, závislost na minulém využití. Naproti tomu zde vidíme závislost ve funkčních vlastnostech znatelnou. To podtrhuje význam a užitečnost strukturálního přístupu ke zkoumané problematice. Důvodem menší průkaznosti ellenbergovských indikátorů je podle našeho názoru také fakt, že ellenbergovské hodnoty nejsou objektivně měřitelná čísla, ale pouze ordinální hodnoty přiřazované často na základě subjektivního pozorování. Kromě toho ellenbergovské hodnoty představují odezvu na ekologické faktory, které jsou samy komplexem mnoha vlivů, například odezva na teplotu shrnuje odezvu na zimní mrazy, letní vedra, pozdní mrazíky v době klíčení atd. Naproti tomu funkční vlastnosti jsou svou definicí dobře identifikovatelné a většinou přesně měřitelné vlastnosti jednotlivých individuí. V každém případě jsou přísně objektivní, což se u ellenbergovských hodnot říci nedá. Díky novým analýzám s použitím funkčních

vlastností můžeme tedy dodatečně odpovědět na otázku, která v mé bakalářské práci zůstala částečně otevřená. Odpověď zní, že i po padesáti letech po zalesnění bývalých zemědělských půd zůstává ve vegetaci lesů měřitelný a průkazný odkaz bývalého hospodaření.

Pokud jde o závislost na charakteru stromového patra, pozorujeme poněkud překvapivě nejvýraznější závislost v různovitosti. V listnatých lesích je znatelně vyšší podíl rostlin s listy sestavenými do přízemní růžice. Tato závislost se projevuje stejně silně ve sběr z roku 2019 jako 2023. Výrazná je také závislost počátku kvetení, které je v listnatých lesích znatelně časnější. To je celkem jednoznačně vysvětlitelný jev, související s výskytem rostlin jarního aspektu. Nicméně je potřeba si uvědomit, že sběr fytoecologických dat byl proveden v průběhu měsíce června, kdy již rostliny jarního aspektu jsou v ústupu, pokud jsou ještě vůbec pozorovatelné. Tím se nabízí úvaha, že by bylo žádoucí provést na každé lokalitě ne jeden snímek v červnu, ale alespoň dva, ještě lépe tři, kde první by zachytil právě jarní aspekt a poslední, na sklonku července, by zachytil v plném rozvoji některé rostliny letního aspektu. Snímkování v červnu, které jsme provedli v této práci, je určitým kompromisem. Připomeňme, že snímky z roku 2019 byly z časových důvodů pořízeny v roztaženém období od května do pozdního července. Přesto je časnější kvetení v listnatých lesích zřetelné. Naopak je méně zřetelné v datech z roku 2023. Když jsme tento fakt zkoumali do hloubky, zjistili jsme, že je to efekt náhodné fluktuace na lokalitách s celkově velmi malou pokryvností, např. na lokalitách 11 a 15. V celkové statistice v této práci ovšem nezohledňujeme, že některá lokalita má celkově malou pokryvnost a tudíž hodnoty jsou zatíženy mnohem větší náhodnou fluktuací. Takovým lokalitám by správně měla být přisouzena menší váha, protože nesou méně informace. To by ovšem vyžadovalo mnohem hlubší statistický rozbor, na který zde nemáme prostor.

Dále pozorujeme také závislost velikosti listů, kde opět v listnatých lesích je větší podíl rostlin s většími listy než v lesích jehličnatých a smíšených. Tento rys je znatelnější v roce 2019, kdežto v roce 2023 je poněkud setřen. Přisuzujeme to výskytu *Rubus fruticosus*, který má v roce 2023 znatelně vyšší pokryvnost právě v jehličnatých a smíšených lesích a přitom patří mezi druhy s relativně většími listy.

Kromě prostorových variací, tedy závislosti na lokalitě, jsme se zajímali i o časovou variaci, tedy o rozdíl mezi výsledky ze sběrů v letech 2019 a 2023. Především jsme konstatovali, že významná skupina funkčních vlastností, které vykazují silnou závislost na lokalitě, je v čase stabilní, tedy skladba vegetace v letech 2019 a 2023 je prakticky

stejná. Jde především o délku života rostliny, tedy prakticky o podíl jednoletých bylin, a dále o počátek kvetení a stupeň růžicovitosti. Další skupina funkčních vlastností významně závisí jak na lokalitě, tak na roku sběru. Sem patří zejména obsah dusíku a fosforu v listech (vyšší v roce 2023), a tím také poměr listového uhlíku a dusíku (nižší v roce 2023). Další funkční vlastností v této skupině je obsah sušiny v listech (nižší v roce 2023). To lze snadno interpretovat na základě meteorologických dat, které jsme měli k dispozici. Tato data totiž ukazují, že rok 2023 se od roku 2019 odlišuje výrazně nižší teplotou a poněkud vyšší dostupností vláhy. Tyto faktory dohromady vysvětlují, proč je rok 2023 odlišný vyšším zastoupením rostlin s větším obsahem živin v listech a rostlin s menším obsahem sušiny v listech. Třetí skupinu funkčních vlastností představují ty, které závisí na roku sběru, ale na lokalitě nezávisí, nebo závisí na lokalitě jen v jednom z uvažovaných roků a v druhém nikoli. To je případ specifické listové plochy, která je v roce 2023 vyšší a také celkové listové plochy, která je taktéž významně vyšší v roce 2023. Detailnější zkoumání ukázalo, že je to zejména vliv výrazně vyšší pokryvnosti kapradin, zejména *Dryopteris filix-mas*, což se dá také vysvětlit odlišností meteorologických podmínek, tedy nižší teplotou a vyšší vlhkostí. Dalším faktorem je zvýšení pokryvnosti *Rubus fruticosus*, který se v roce 2023 mnohem více rozrostl. Pozoruhodná je výrazně nižší hmotnost semen v roce 2023. Tento rozdíl se dá vystopovat k sníženému množství semenáčků dřevin, které mají většinou velká semena (*Acer pseudoplatanus*, *Prunus avium*, apod.), jiné alternativní ekologické vysvětlení k dispozici nemáme.

Kromě souhrnných statistik jsme prováděli mnohazměrné ordinační analýzy v programu CANOCO 5. Ordinační diagram umísťuje jednotlivé druhy do prvních dvou ordinačních os tak, aby vysvětlily co nejvíce variability. Nicméně tato vysvětlená variabilita není příliš vysoká, v první ose je to 8,6 % a v druhé 7,5 %. To znamená, že k plnému vysvětlení ekologické variability bychom potřebovali více než dva faktory. Nicméně dva faktory, které zde uvažujeme, totiž charakter stromového patra a předchozí využití lokality přesto mají důležitý význam. Pozorujeme ho tehdy, když vkreslujeme do ordinačních diagramů hodnoty funkčních vlastností jako dodatkové proměnné. Přitom se celkově potvrzují a částečně korigují zjištění z celkových statistik, které jsme již diskutovali výše. Především se potvrzuje, že bývalá pole se vyznačují rostlinami s větším obsahem listového dusíku a fosforu a přitom s menším obsahem sušiny v listech. Kromě toho se vyjevuje i závislost anatomie listů, která v celkových statistikách zřetelná nebyla. To je snadno interpretovatelné zjištění, jelikož obsah sušiny v listech s anatomíí souvisí,

konkrétně pak anatomie odpovídající vlhčímu prostředí znamená také menší obsah sušiny a to je přesně to, co v ordinačních diagramech koresponduje s bývalými poli. Bývalá pole se v ordinačních diagramech také vyznačují větším podílem jednoletých bylin, což opět souhlasí s celkovými statistikami. Navíc ale pozorujeme u bývalých polí také tendenci přítomných druhů k rozmnožování semeny, oproti rozmnožování vegetativnímu. Tyto dvě veličiny spolu opět logicky souvisí, jelikož právě jednoletky jsou typicky byliny často efemérní, s krátkým životním cyklem a rozmnožující se velkým množstvím drobných semen.

Prováděli jsme také analýzu půdních vzorků. Jelikož půdní vzorky jsou k dispozici pouze u sběrů roku 2023, nebylo možné provést srovnání, které by naznačilo možný vývoj ve složení půdy. Nicméně procesy pedogeneze jsou obvykle dosti pomalé, takže žádné zásadní rozdíly by se nedaly očekávat. Výsledky, k nimž jsme dospěli, potvrzují především dvě obecně očekávaná fakta, že v jehličnatých lesích je větší obsah spalitelného humusu v půdě a že v listnatých lesích je půdní pH vyšší (Hejcmanová, et al., 2014). Obě tato zjištění souvisí s charakterem opadu, totiž s tím, že jehličnatý opad se mnohem pomaleji rozkládá a navíc přispívá k okyselení prostředí. Pokud jde o chemické složení půdy, je optimistickým zjištěním, že se nikde nevyskytly stopy kontaminace rtutí ani kadmíem. Není zde tedy přítomna ekologická zátěž například z moření osiva, kde se kdysi používaly sloučeniny rtuti. Nalezla se nicméně zvýšená koncentrace olova na bývalých lukách. Ačkoli pro to nemáme zcela jednoznačné vysvětlení, vznášíme přinejmenším jako hypotézu, že to může souviset s mysliveckými aktivitami v minulosti.

7 Závěr

V této diplomové práci jsme vyšetřovali prostorovou a časovou proměnlivost funkčních vlastností rostlin bylinného patra lesů založených po roce 1954 na bývalé zemědělské půdě v zájmové oblasti středního Posázaví mezi Čerčanami a Kácovem. Za tím účelem jsme provedli fytoecologické snímkování na 35 zkusných plochách. K dispozici jsme přitom měli i starší snímky provedené na identických plochách v roce 2019 v rámci bakalářské práce (Slanina, 2021). Zároveň jsme na každé zkusné ploše odebrali i půdní vzorky. Naše výsledky především prokázaly, že ve funkčních vlastnostech rostlin bylinného patra přetrvává odkaz minulého hospodaření, a to zejména ve funkčních vlastnostech týkajících se asimilačních orgánů. Konkrétně šlo zejména o obsah dusíku v listech a obsah sušiny v listech. Tato závislost na minulém hospodaření je zde mnohem silnější než v ellenbergovských indikátorech, které jsme studovali v mé bakalářské práci. Pokládáme proto zvolený strukturální přístup za metodologický krok vpřed. Funkční vlastnosti rostlin odhalily ale také rozdíly mezi lokalitami s jiným charakterem stromového patra. Šlo zejména o zjištění, že v listnatých lesích je dřívější počátek kvetení, což souvisí s bylinami jarního aspektu, a dále, že rostliny listnatých lesů vykazují větší tendenci k tvoření přízemních růžic. Kromě této prostorové proměnlivosti nás zajímal rozdíl mezi funkčními vlastnostmi ve sběrech z roku 2019 a 2023. Zjištěné rozdíly dobře korespondují s očekáváním na základě odlišných meteorologických podmínek. Ukázalo se, že chladnější a vlhčí sezóna roku 2023 měla za následek vegetaci s vyšším obsahem dusíku a fosforu v listech a také velikost listů byla vyšší a obsah sušiny v nich nižší. Rozbory půdních vzorků potvrdily vyšší pH v listnatých lesích a větší obsah spalitelného humusu v jehličnatých lesích. I tato zjištění odpovídají známým obecným ekologickým mechanismům. V tomto smyslu závěry této práce potvrdily očekávání. Některá dílčí zjištění ovšem zůstávají poněkud překvapivá, jako například vyšší obsah olova na bývalých loukách. Ověření pracovních hypotéz, například že jde o vliv myslivosti, by vyžadovalo mnohem detailnější studii.

Citovaná literatura

Aiba, M., Kurokawa, H., Onoda, Y. & Nakashizuka, T., 2020. Trait–abundance relationships in tree communities along temperature and successional gradients. *Journal of Vegetation Science*, Volume 31, p. 551–560.

Aubin, I. et al., 2016. Traits to stay, traits to move: a review of functional traits to assess sensitivity and adaptive capacity of temperate and boreal trees to climate change. *Environmental Reviews*, Volume 24, p. 164–186.

Báez, S. et al., 2022. FunAndes – A functional trait database of Andean plants. *Scientific Data*, Volume 9, p. 511.

Bičík, I., 2004. Dlouhodobé změny využití krajiny České republiky. *Život. Prostr.*, Svazek 38, p. 81–85.

Blondeel, H. et al., 2020. Individualistic responses of forest herb traits to environmental change. *Plant Biology*, Volume 22, p. 601–614.

Brūmelis, G. et al., 2019. Effects of stand-level and landscape factors on understorey plant community traits in broad-leaved forest of the boreo-nemoral zone in Latvia. *Forest Ecology and Management*, Volume 434, p. 264–278.

Bussotti, F., Pollastrini, M., Holland, V. & Brüggemann, W., 2015. Functional traits and adaptive capacity of European forests to climate change. *Environmental and Experimental Botany*, Volume 111, p. 91–113.

Butler, E. E. et al., 2017. Mapping local and global variability in plant trait distributions. *PNAS*, Volume 114, p. E10937–E10946.

Carmona, C. P., de Bello, F., Mason, N. W. H. & Lepš, J., 2016. Traits Without Borders: Integrating Functional Diversity Across Scales. *Trends in Ecology and Evolution*, Volume 31, p. 382–394.

Česká geologická služba, 2020. *Geologická mapa 1:50 000*, In: *Geovědní mapy 1:50 000*. [Online] Available at: <https://mapy.geology.cz/geocr50>

ČHMÚ, 2023. *Český hydrometeorologický ústav - historická data*. [Online] Available at: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/Denni-data-dle-z-123-1998-Sb>

De Bello, F. et al., 2021. *Handbook of Trait-Based Ecology*. Cambridge: Cambridge UP.

- de Saussure, F., 1989. *Kurs obecné lingvistiky*. Praha: Odeon.
- Deleuze, G., 1993. *Podľa čoho rozpoznáme štrukturalizmus*. Bratislava: Archa.
- Foucault, M., 1987. *Slová a veci*. Bratislava: Pravda.
- Garnier, E. et al., 2004. Plant Functional Markers Capture Ecosystem Properties during Secondary Succession. *Ecology*, Volume 85, p. 2630–2637.
- Gould, S. J. & Lewontin, R. C., 1979. The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. *Proceedings of the Royal Society of London B*, Volume 205, p. 581–598.
- Hájek, P., 2008. *Jde pevně kupředu naše zem. Krajina českých zemí v období socialismu 1948-1989*. Praha: Malá Skála.
- Heberling, J. M., Kichey, T., Decocq, G. & Fridley, J. D., 2016. Plant functional shifts in the invaded range: a test with reciprocal forest invaders of Europe and North America. *Functional Ecology*, Volume 30, p. 875–884.
- Hedwall, P.-O. & Brunet, J., 2016. Trait variations of ground flora species disentangle the effects of global change and altered land-use in Swedish forests during 20 years. *Global Change Biology*, Volume 22, p. 4038–4047.
- Hejmanová, P., Stejskalová, M. & Hejman, 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. Volume 23, p. 607–613.
- Kaplan, Z. et al., 2019. *Klíč ke květeně České republiky, 2. vydání*. Praha: Academia.
- Kattge, J. et al., 2020. TRY plant trait database – enhanced coverage and open access. *Global Change Biology*, Volume 26, p. 119–188.
- Kenderes, K. & Standovár, T., 2003. The impact of forest management on forest floor vegetation evaluated by species traits. *Community Ecology*, Volume 4, p. 51–62.
- Klika, J., 1965. *Klíč k určování rostlin*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Knevel, I. C., Bekker, R. M., Bakker, J. P. & Kleyer, M., 2003. Life-history traits of the Northwest European flora: The LEDA database. *Journal of Vegetation Science*, Svazek 14, p. 611–614.
- Koblížek, J. & Řepka, R., 2003. *Klíč k určování stanovištně významných lesních rostlin ve vegetativním stavu*. Tišnov: SURSUM.
- Kucrová, V., 2013. *Zmizelé Čechy – Posázaví*. Praha: Paseka.
- Kühn, I., Durka, W. & Klotz, S., 2004. BIOLFLOR – a new plant-trait database as a tool for plant invasion ecology. *Diversity and Distributions*, Volume 10, p. 363–365.

- Le Goff, J., 1991. *Kultura středověké Evropy*. Praha: Odeon.
- Lepš, J. & Šmilauer, P., 2003. *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lindborg, R., 2007. Evaluating the distribution of plant life-history traits in relation to current and historical landscape configurations. *Journal of Ecology*, Volume 95, p. 555–564.
- Maes, S. L. et al., 2020. Plant functional trait response to environmental drivers across European temperate forest understorey communities. Volume 22, p. 410–424.
- Markoš, A., 2000. *Tajemství hladiny*. Praha: Vesmír.
- Matoušek, V., 2010. *Čechy krásné, Čechy mé. Proměny krajiny Čech v době industriální*. Praha: Agentura KRIGL.
- Moravec, J. & kolektiv, 1994. *Fytocenologie*. Praha: Academia.
- 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.
- Ricotta, C. & Bacaro, G., 2010. On plot-to-plot dissimilarity measures based on species functional traits. *Community Ecology*, Volume 11, p. 113–119.
- Slanina, F., 2021. Odkaz způsobu hospodaření v minulosti ve vegetační skladbě současných porostů v mladých lesích ve středním Posázaví. *Ms., bakalářská práce, depon. in Knihovna ČZU Praha*.
- Sonkoly, J. et al., 2023. PADAPT 1.0 – the Pannonian Dataset of Plant Traits. *Scientific Data*, Volume 10, p. 742.
- Špulák, O. & Kacálek, D., 2011. Historie zalesňování nelesních půd na území České republiky. *Zprávy lesnického výzkumu*, Svazek 56, p. 49–57.
- 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>
- Vanneste, T. et al., 2019. Functional trait variation of forest understorey plant communities across Europe. *Basic and Applied Ecology*, Volume 34, p. 1–14.
- Violle, C. et al., 2007. Let the concept of trait be functional!. Volume 116, p. 882–892.

Westoby, M., 1998. A leaf-height-seed (LHS) plant ecology strategy scheme. *Plant and Soil*, Volume 199, p. 213–227.

Seznam obrázků

Obrázek 1	Mapa zájmového území.	22
Obrázek 2	Vytyčení zkusné plochy.	23
Obrázek 3	Rostlina nafocená k dourčení.	24
Obrázek 4	Měření pH půdních vzorků.	26
Obrázek 5	Muflovací pec LAC.	26
Obrázek 6	Rentgenový spektrometr.	27
Obrázek 7	Rozdělení hodnot funkčních vlastností z databáze LEDA.	31
Obrázek 8	Průměrné denní teploty v období duben až červen.	37
Obrázek 9	Srážkové úhrny v období duben až červen.	38
Obrázek 10	Srovnání hodnot funkčních vlastností 2019 a 2023 (I).	39
Obrázek 11	Srovnání hodnot funkčních vlastností 2019 a 2023 (II).	40
Obrázek 12	Závislost růžicovitosti a logaritmu velikosti listů.	41
Obrázek 13	Závislost měsíce počátku kvetení.	42
Obrázek 14	Závislost obsahu sušiny a dusíku v listech.	43
Obrázek 15	Nepřímá gradientová analýza: nejdůležitějších 30 druhů.	44
Obrázek 16	Nepřímá gradientová analýza (I).	45
Obrázek 17	Nepřímá gradientová analýza (II).	46
Obrázek 18	Nepřímá gradientová analýza 2019 (I).	47
Obrázek 19	Nepřímá gradientová analýza 2019 (II).	48
Obrázek 20	Přímá gradientová analýza, předchozí využití (I).	49
Obrázek 21	Přímá gradientová analýza, předchozí využití (II).	49
Obrázek 22	Přímá gradientová analýza, stromové patro.	50
Obrázek 23	Přímá gradientová analýza 2019, stromové patro.	50
Obrázek 24	Půdní pH a obsah spalitelného humusu.	52
Obrázek 25	Obsah prvků v půdních vzorcích.	52
Obrázek 26	Závislost obsahu křemíku, hliníku a olova v půdě.	53
Obrázek 27	Závislost obsahu zirkonia a thoria v půdě.	53

Seznam tabulek

Tabulka 1:	Lokality, na kterých byly vytyčeny zkusné plochy.	21
Tabulka 2:	Braun-Blanquetova (BB) stupnice.	24
Tabulka 3:	Seznam funkčních vlastností z databáze Biolflor.	29
Tabulka 4:	Seznam funkčních vlastností z databáze LEDA.	31
Tabulka 5:	Seznam funkčních vlastností z databáze TRY.	33

Seznam příloh

Příloha 1	Ordinální funkční vlastnosti z databáze Biolflor.	67
Příloha 2	Statistická významnost závislostí, získaná pomocí ANOVA.	71
Příloha 3	Tabulka fytoocenologických snímků, sběr 2023.	73
Příloha 4	Průměrné hodnoty funkčních vlastností rostlin.	79
Příloha 5	Úplný ordinační diagram sběr 2023.	81
Příloha 6	Výsledky půdních rozborů.	82

Přílohy

Příloha 1 Ordinální funkční vlastnosti z databáze Bioflor.

Název v Bioflor: Life span

Akronym v této práci: Life_span

Popis: vyjadřuje délku života rostliny

Číselný kód	Písmenový kód	hodnota	vysvětlivka
1	a	jednoletá	Životní cyklus trvá nejvýše 12 měsíců.
2	b	dvouletá	Roste zhruba rok ve vegetativním stavu, než dosáhne generativního stavu.
(nevyskytl se)	h	víceletá-hapaxantická	Roste dlouho ve vegetativním stavu, než poprvé a naposled dosáhne generativního stavu.
3	p	víceletá-pollakantická	Dosáhne generativního stavu vícekrát během života.

Název v Bioflor: Rosettes

Akronym v této práci: Rosettes

Popis: vyjadřuje míru růžicovosti listů

Číselný kód	Písmenový kód	hodnota	vysvětlivka
1	r	erosulate	Internodia jsou všechna dlouhá, listy jsou všechny víceméně pravidelně vzdáleny od sebe podél stonku.
2	h	hemirosette	Střídají se úseky s dlouhými internodii a krátkými internodii.
3	g	rosette	Olistěné stonky mají všechny jen krátká internodia.

Název v Bioflor: Leaf persistence

Akronym v této práci: Leaf_pers

Popis: vyjadřuje míru vytrvalosti listů

Číselný kód	Písmenový kód	hodnota	vysvětlivka
1	v	zelené na jaře	Listy jsou zelené od časného jara do časného léta, pak odumírají.
2	s	zelené v létě	Listy jsou zelené pouze v teplém období roku.
3	w	zelené přes zimu	Listy se vyvíjejí na podzim, zelené přečkají zimu a odumírají na jaře nebo v létě.
4	i	vytrvale zelené	Listy zůstávají zelené několik vegetačních období.

Název v Bioflor: Leaf anatomy

Akronym v této práci: Leaf_anat

Popis: vyjadřuje tendenci od listů suchomilných rostlin k listům vodních rostlin

Číselný kód	Písmenový kód	hodnota	vysvětlivka
1	c	dužnaté	Listy mají pletivo se zásobní vodou a tlustou pokožku a kutikulu.
2	s	skleromorfní	Tuhé a pevné listy s tlustou pokožkou a kutikulou.
3	m	mezomorfní	Listy běžné, bez výrazné charakteristiky.
4	y	hygromorfní	Rostliny stinné a polostinné.
5	e	helomorfní	Rostliny mají provzdušňovací pletiva v kořenech, jako adaptaci na zamokřené půdy.
6	a	hydromorfní	Rostliny adaptované na příjem CO ₂ a dýchání pod vodou.

Název v Bioflor: Phenological group

Akronym v této práci: Phenol_gr

Popis: vyjadřuje skupinu rostlin, které kvetou ve stejném období roku

Zde není v Bioflor písmenový kód

Číselný kód	hodnota	vysvětlivka
1	Corylus-Leucojum	předjaří
2	Acer platanoides-Anemone nemorosa	začátek časného jara
3	Prunus avium-Ranunculus auricomus	konec časného jara
4	Fagus-Lamiastrum	vrcholné jaro
5	Sorbus aucuparia-Galium odoratum	konec vrcholného jara
6	Cornus sanguinea-Melica uniflora	začátek časného léta
7	Ligustrum-Stachys sylvatica	konec časného léta
8	Clematis vitalba-Galium sylvaticum	vrcholné léto
9	Hedera-Solidago	časný podzim
10	podzim	podzim

Název v Bioflor: Type of reproduction

Akronym v této práci: Type_repr

Popis: vyjadřuje tendenci od generativního k vegetativnímu rozmnožování

Číselný kód	Písmenový kód	hodnota
1	s	generativní
2	ssv	většinou generativní, zřídka vegetativní
3	sv	generativní i vegetativní
4	vvs	většinou vegetativní, zřídka generativní
5	v	vegetativní

Název v Bioflor: Self-sterility and self-incompatibility

Akronym v této práci: Self_incomp

Popis: samosprašnost

Číselný kód	Písmenový kód	hodnota	vysvětlivka
1	SI	nekompatibilní	Samosprašnost není možná kvůli geneticky zakódovanému mechanismu.
2	I+	± nekompatibilní	Samosprašnost je většinou nemožná.
3	C+	± nekompatibilní	Samosprašení většinou vede ke vzniku semene.
4	SC	kompatibilní	Samosprašení vede ke vzniku semene.

Název v Bioflor: Breeding system

Akronym v této práci: Breed_syst

Popis: Reprodukční systém

Číselný kód	Písmenový kód	hodnota	vysvětlivka
1	X	xenogamní	Gamety musí pocházet z odlišných sporofytů.
2	XF	fakultativně xenogamní	Gamety mohou výjimečně pocházet ze stejného sporofytu.
3	AFXF	smíšený typ	Gamety mohou pocházet z jiného i ze stejného sporofytu.
4	AF	fakultativně autogamní	Gamety mohou výjimečně pocházet z jiného sporofytu.
5	AO	autogamní	Gamety pocházejí ze stejného sporofytu.
6	I	automixní	Gamety pocházejí ze stejného gametofytu.

Název v Bioflor: Urbanity

Akronym v této práci: Urbanity

Popis: tendence výskytu v městském prostředí

Zde není v Bioflor písmenový kód

Číselný kód	hodnota	vysvětlivka
1	urbanofobní	Vyskytuje se jen mimo městské prostředí.
2	mírně urbanofobní	Vyskytuje se převážně mimo městské prostředí.
3	urbanoneutrální	Nedává přednost ani městskému ani mimoměstskému prostředí.
4	mírně urbanofilní	Vyskytuje se převážně v městském prostředí.
5	urbanofilní	Vyskytuje se výhradně v městském prostředí.

Příloha 2 Statistická významnost závislostí, získaná pomocí analýzy ANOVA.

Tabulky uvádí pro každou veličinu hodnotu $p = P(>F)$. Za statisticky významnou považujeme závislost tehdy, když $p < 0.05$ (zvýrazněno červeně), za omezeně statisticky významnou, když $p < 0.1$ (zvýrazněno modře).

Závislost funkčních vlastností rostlin na prediktorech prostředí.

Veličina (akronym)	Rok (2019 oproti 2023)	Stromové patro, rok 2019	Stromové patro, rok 2023	Předchozí využití, rok 2019	Předchozí využití, rok 2023
LDMC	0,0294	0,856	0,318	0,093	0,0971
SLA	0,00965	0,76	0,315	0,203	0,299
leaf_size	0,0237	$4,58 \cdot 10^{-6}$	0,0344	0,586	0,0457
seed_mass	0,0392	0,091	0,0835	0,679	0,138
Leaf_C	$3,37 \cdot 10^{-12}$	0,817	0,0397	0,539	0,389
Leaf_N	0,00285	0,206	0,367	0,0804	0,11
Leaf_P	$5,16 \cdot 10^{-5}$	0,849	0,345	0,172	0,202
Leaf_C_to_N	$8,56 \cdot 10^{-7}$	0,0156	0,157	0,169	0,0788
Leaf_anat	0,246	0,115	0,644	0,086	0,235
Leaf_pers	0,437	0,00941	0,506	0,215	0,218
Life_span	0,171	0,14	0,505	0,178	0,0594
Beg_flow	0,0982	0,000377	0,247	0,477	0,0189
Breed_syst	0,921	0,0173	0,00487	0,27	0,373
Phenol_gr	0,237	0,00229	0,434	0,962	0,587
Rosettes	0,433	0,0641	0,00185	0,2	0,216
Self_incomp	0,274	0,447	0,215	0,262	0,159
Type_repr	0,0405	0,0921	0,514	0,606	0,0701
Urbanity	0,055	0,709	0,341	0,785	0,361
Weight	0,0595	0,847	0,357	0,345	0,365
ln_leaf_size	0,000404	$3,7 \cdot 10^{-9}$	0,262	0,47	0,205
ln_seed_mass	$7,73 \cdot 10^{-9}$	0,00229	0,621	0,491	0,181

Závislost hodnot z půdních rozborů na dvou prediktorech prostředí.

Veličina	Stromové patro	Předchozí využití
pH	0,0372	0,322
obsah spalitelného humusu	0,0278	0,475
obsah Si	0,0211	0,873
obsah Al	0,0426	0,0138
obsah Fe	0,115	0,286
obsah Ca	0,728	0,671
obsah Ti	0,956	0,626
obsah Mn	0,579	0,127
obsah V	0,111	0,783
obsah Zr	0,0043	0,611
obsah Sr	0,337	0,895
obsah Zn	0,914	0,258
obsah Rb	0,354	0,373
obsah Pb	0,0916	0,00139
obsah Cu	0,298	0,753
obsah Y	0,265	0,674
obsah As	0,135	0,8
obsah Th	0,0083	0,127

Příloha 3 Tabulka fytoceologických snímků, sběr 2023.

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 platanoides</i>	AcePla3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	3	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	AcePse3	.	.	3	.	1	3	2	.	.	.	.	2	.	.	.	2	1	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Acer tataricum</i>	AceTat3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Alnus glutinosa</i>	AlnGlu3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Betula pendula</i>	BetPen3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	CarBet3	2	.	2	.	1	.	2	.	.	.	.	2	1	1	.	2	3	.	1	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Crataegus laevigata</i>	CraLae3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
<i>Fagus sylvatica</i>	FagSy13	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	FraExc3	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Larix decidua</i>	LarDec3	.	.	3	.	4	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	5	.	1	5	2	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	5	.	.	.
<i>Picea abies</i>	PicAbi3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.
<i>Pinus sylvestris</i>	PinSyl3	5	5	.	5	.	5	4	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	4	4	5	4	4	4	4	.	1	2	5
<i>Prunus avium</i>	PruAvi3	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.
<i>Quercus petraea</i>	QuePet3	.	.	1	.	1	.	.	5	.	.	3	5	4	5	2	.	.	5	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Quercus rubra</i>	QueRub3	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sorbus aucuparia</i>	SorAuc3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1	.	.	.	.
<i>Tilia platyphyllos</i>	TilPla3	.	.	.	.	2	.	.	.	5	.	2	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
<i>Ulmus glabra</i>	UlmGla3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.

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 platanoides</i>	AcePla2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	AcePse2	.	.	.	2	.	1	.	.	.	1	+	2	.
<i>Carpinus betulus</i>	CarBet2	1	1	1	1	.
<i>Cornus sanguinea</i>	CorSan2	1
<i>Corylus avellana</i>	CorAve2	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	1	.	.
<i>Crataegus laevigata</i>	CraLae2	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	+	r	1	1
<i>Euonymus europaeus</i>	EuoEur2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fagus sylvatica</i>	FagSyl2	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	FraExc2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lonicera caprifolium</i>	LonCap2	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Picea abies</i>	PicAbi2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Populus tremula</i>	PopTre2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
<i>Prunus avium</i>	PruAvi2	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.
<i>Prunus spinosa</i>	PruSpi2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Quercus petraea</i>	QuePet2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	+	.	.	.
<i>Quercus rubra</i>	QueRub2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.
<i>Sambucus nigra</i>	SamNig2	.	5	.	.	.	2	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	5	.	2	.	3	3	4	.	3	.	3	2	+	1	.	2
<i>Sorbus aria</i>	SorAri2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.
<i>Tilia platyphyllos</i>	TilPla2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ulmus glabra</i>	UlmGla2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	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	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Acer campestre</i>	AceCam	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Acer platanoides</i>	AcePla	.	.	r	.	r	r	.	r	.	.	1	.	.	r	r	r	r	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	AcePse	.	.	+	r	r	+	+	r	r	.	.	r	.	1	+	r	r	r	r	+	.	+	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.
<i>Alliaria petiolata</i>	AllPet	.	r	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Allium oleraceum</i>	AllOle	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Allium vineale</i>	AllVin	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Anthriscus sylvestris</i>	AntSyl	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	+
<i>Arrhenatherum elatius</i>	ArrEla	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	1	r	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.
<i>Asarum europaeum</i>	AsaEur	r
<i>Athyrium filix-femina</i>	AthFil	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Avenella flexuosa</i>	AveFle	1	.	.	.
<i>Betula pendula</i>	BetPen	+	.	.	.
<i>Brachypodium pinnatum</i>	BraPin	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	2	.	1	.	.	.	.	.
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	BraSyl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	r	1	.
<i>Bromus benekenii</i>	BroBen	.	.	.	.	.	.	.	.	1	3	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Calamagrostis epigejos</i>	CalEpi	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cardamine impatiens</i>	CarImp	+
<i>Carex muricata</i>	CarMur	.	.	r	1
<i>Carpinus betulus</i>	CarBet	.	.	.	r	.	.	r	1	.	.	.	r	.	r	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.
<i>Chaerophyllum temulum</i>	ChaTem	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	1	.	.	.	.	.	r	.
<i>Circaea lutetiana</i>	CirLut	+	1
<i>Convallaria majalis</i>	ConMaj	r
<i>Cornus sanguinea</i>	CorSan	1
<i>Corylus avellana</i>	CorAve	.	.	r	.	.	r	+	r	.	r

<i>Crataegus laevigata</i>	CraLae	. . r . .	. r . . .	r . + r .	. . . . r	. . . . r	. + . . .	+ r
<i>Cytisus scoparius</i>	CytSco	. . 1 1 .	. . . . .	. . r . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Dactylis glomerata</i>	DacGlo	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . +	. . . . .	. . . . . +
<i>Digitalis purpurea</i>	DigPur	. . . + .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Dryopteris carthusiana</i>	DryCar	. . . + +	. + . . .	. . . . .	+ . + 1 2	+ . . . .	. . . . . r	. . + . .
<i>Dryopteris filix-mas</i>	DryFil	. 1 2 . .	. 1 . r .	2 . 2 . +	2 1 1 . .	. . . + .	. . . . .	r . 1 + .
<i>Elymus repens</i>	ElyRep	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. + . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Epipactis helleborine</i>	EpiHel	. . . . .	. . . . .	. . . r .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Euonymus europaeus</i>	EuoEur	. . . . .	. r . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Euphorbia cyparissias</i>	EupCyp	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. r . . .	. . . . .
<i>Fagus sylvatica</i>	FagSyl	. . . . r	. . . . .	. . . . r	r . . . .	. . . . .	. . . . .	. 1 . . .
<i>Festuca gigantea</i>	FesGig	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . 2	r . . + .
<i>Festuca rubra</i>	FesRub	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. 2 . . .
<i>Fragaria vesca</i>	FraVes	. + . . .	+ r . . .	. r . . .	. . + . .	. . . . .	. . . . . r	. . . . .
<i>Fraxinus excelsior</i>	FraExc	. . + . .	r . r 3 .	2 r . + .	. r . . +	r + r . r	. r . . .	. r . + .
<i>Galeopsis tetrahit</i>	GalTet	. r . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. 5 . + r	1 . . . 1	. . . . .
<i>Galium aparine</i>	GalApa	1 2 . . .	. + r 4 4	. . . + .	. 1 . + 1	. 3 . 1 2	2 2 3 1 3	2 . r 3 3
<i>Galium odoratum</i>	GalOdo	. . . . .	+ . . . 1	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Galium rotundifolium</i>	GalRot	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . 1	. . . . .
<i>Geranium robertianum</i>	GerRob	. . + . .	2 + 2 2 .	. . r r .	. 3 . . .	. 1 2 1 .	r 2 1 . 2	. . . 2 2
<i>Geum urbanum</i>	GeuUrb	. . . . .	. r 2 2 .	. r . r .	. + . . +	. + . r .	. . . . .	r . . + .
<i>Hieracium murorum</i>	HieMur	. . . . .	. . . . .	. . . r .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Holcus mollis</i>	HolMol	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . + 1 .	. . . . +	. . . . .	. . . . .
<i>Hypericum perforatum</i>	HypPer	r . . r .	. . . . .	. . . r .	. . r . .	. . . . .	r . r r .	. . . . .
<i>Impatiens glandulifera</i>	ImpGla	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . +	. . . . .	. . . . .
<i>Impatiens noli-tangere</i>	ImpNol	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . + .	. . . . .	. . . . .
<i>Impatiens parviflora</i>	ImpPar	1 5 3 . r	5 2 3 2 3	. + 1 2 .	r . 4 1 3	4 1 3 2 .	2 r 3 r 3	1 1 3 2 2
<i>Juglans regia</i>	JugReg	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. r . . .	. . . . .
<i>Juncus conglomeratus</i>	JunCon	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . r .	. . . . .	. . . . .
<i>Lapsana communis</i>	LapCom	. . . . .	. . . . .	. . . . r	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .

<i>Ligustrum vulgare</i>	LigVul	. . . . .	. . . . . r	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. 1		
<i>Lonicera caprifolium</i>	LonCap	. . . . 2 .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Lotus corniculatus</i>	LotCor	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . r		
<i>Lysimachia vulgaris</i>	LysVul	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Milium effusum</i>	MilEff	. . . . .	. . . . 2 +	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . 1		
<i>Moehringia trinervia</i>	MoeTri	. . . . .	r r	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . 1	. . . r . .		
<i>Mycelis muralis</i>	MycMur	. r + + r	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . 2 + .		
<i>Myosotis arvensis</i>	MyoArv	. . . . .	. . . . 3 3	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Myosotis palustris</i>	MyoPal	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r		
<i>Oxalis acetosella</i>	OxaAce	. . . . + .	1 + . 3 2	. . . . .	. . . . .	1 2 2 2 2	. . . . .	. 1 . 1 .	. . . . . 2	. . . 3 . .	
<i>Picea abies</i>	PicAbi	. . . . .	. . . . .	. r . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . r . .	
<i>Pinus sylvestris</i>	PinSyl	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r	
<i>Poa nemoralis</i>	PoaNem	. . r . .	. . . . .	. . . . .	+ 1 + 1 .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	r 1	. 2 . r 1	
<i>Poa trivialis</i>	PoaTri	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. 1 . 2 .	. . . . .	. . . . .
<i>Prunus avium</i>	PruAvi	r + . . r	r . r . .	. . . . .	. . . . .	r r	+ r . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Prunus domestica</i>	PruDom	. . . . r	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	+ . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Quercus petraea</i>	QuePet	. . r r .	r . + . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . r r .	. +
<i>Quercus rubra</i>	QueRub	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. r . . . +	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . r . . .
<i>Ranunculus repens</i>	RanRep	. . . . .	. . + . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Ribes alpinum</i>	RibAlp	. . . . .	. r . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Rosa canina</i>	RosCan	. . r r .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Rubus fruticosus</i>	RubFru	5 . 1 5 +	1 . . . 2	r + . . r	r	r . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Rubus idaeus</i>	RubIda	2 . . + .	r . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Rumex acetosa</i>	RumAce	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Sambucus nigra</i>	SamNig	. . r . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Scirpus sylvaticus</i>	SciSyl	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Senecio ovatus</i>	SenOva	. . . . r	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Senecio sylvaticus</i>	SenSyl	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Sorbus aucuparia</i>	SorAuc	. . . . .	r r . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Stachys sylvatica</i>	StaSyl	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .

<i>Stellaria media</i>	SteMed	. 1 . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Taxus baccata</i>	TaxBac	. . . . .	. . . . .	r . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Tilia platyphyllos</i>	TilPla	. . . . . +	. r r . . .	+ . . . r . .	. r . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . r . . .
<i>Torilis japonica</i>	TorJap	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . . r
<i>Ulmus glabra</i>	UlmGla	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . r . . . .	. . . . .	. . . 1 r . .
<i>Urtica dioica</i>	UrtDio	. 4	1 3 + 1 1	. . . + . .	. . 1 . 1	+ 2 . 2 . .	4 . 3 . 3	1 . 2 . 1
<i>Veronica beccabunga</i>	VerBec	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . 2 . .	. . . . .	. . . . .
<i>Veronica chamaedrys</i>	VerCha	. . . . .	. . 1 . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Vicia sativa</i>	VicSat	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . r . .	. . . . .
<i>Viola odorata</i>	VioOdo	. . . . .	. . . . .	. + . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Viola riviniana</i>	VioRiv	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . 1 . .

Příloha 4 Průměrné hodnoty funkčních vlastností rostlin bylinného patra na jednotlivých lokalitách.

Rok 2019

lokality	leaf_size	ln_leaf_size	SLA	seed_mass	ln_seed_mass	LDMC	Life_span	Rosettes	Leaf_pers	Leaf_anat	Beg_flow	Phenol_gr	Type_repr	Self_incomp	Breed_syst	Weight	Urbanity	Leaf_C	Leaf_N	Leaf_P	Leaf_C_to_N
1	1600	6,34	23,24	11,02	1,68	261,1	2,68	1,03	2	3,16	6,79	5,88	2,63	3,96	2,33	22,22	2,12	471,6	21,86	1,91	25,48
2	1980	6,5	38,58	36,95	2,58	213,2	1,63	1,03	2,08	3,62	6,22	6,04	1,63	4	3,33	6,3	2,14	465,5	29,61	2,7	20,1
3	7060	8,4	45,42	65,48	3,3	215,5	1,28	1,34	2,49	3,85	5,56	5,43	1,23	3,97	3,95	6,33	2,03	457,5	29,65	2,71	16,61
4	3220	6,43	12,83	84,65	2,81	276,2	2,89	1,11	2,4	3,06	6,56	4,75	2,78	4	2,31	425,03	2	484,9	19,73	1,68	27,89
5	6340	8,17	16,91	387,46	4,33	263,6	2,67	1,33	2	2,67	5,33	5	1	2	1,67	63,37	2,67	474,6	24,16	1,88	19,49
6	2690	6,79	47,55	42,72	2,62	204,3	1,53	1,11	2,31	3,68	5,83	5,86	1,46	3,82	3,61	20,54	2,15	465,3	30,19	2,89	19,27
7	2720	6,84	50,24	32,97	2,17	201,7	1,62	1,23	2,26	3,65	5,97	6,03	1,52	3,95	3,35	11,38	2,26	464,3	30,47	2,96	19,37
8	3990	8,05	56,76	253,38	2,65	185,1	1,11	1,61	2,88	3,92	5,12	5,14	1,08	3,99	3,93	20,91	2,38	455,1	32,64	2,75	15,61
9	5250	8,38	75,27	65,34	3,09	166,3	1,47	1,22	2,41	3,78	5,81	5,87	1,34	4	3,9	6,84	2,1	464,6	38,01	3,27	12,79
10	2360	6,48	22,1	23,22	2,04	254,4	2,76	1,05	2,37	3,1	6,72	6,1	2,75	3,98	2,31	5,15	2,1	447,9	24,63	2,16	17,67
11	7300	8,5	18,03	379,02	5,1	270,4	2,64	1,82	2,1	3	5,82	5,43	2,45	3,5	3,6	184,78	2,1	466,8	22	1,67	21,7
12	4160	8,13	18,46	400,53	4,91	267,8	2,5	1,63	3,13	3,38	5,25	5,13	2,38	4	3,57	2,35	2,25	479,3	22,79	1,61	21,33
13	5650	7,83	31,26	437,16	4,85	261,1	1,76	1,32	2,26	3,44	5,78	5,72	1,35	3,59	3,62	8,93	2,11	465,9	24,05	2,02	20,86
14	4540	8,05	34,37	332,28	3,91	249,1	2,23	1,15	2,19	3,04	5,53	5,64	1,81	3,69	3,22	71,2	2,43	467,7	25,97	2,17	19,2
15	5090	8,5	14,48	3036,76	7,66	280,7	2	1,5	2,75	3,25	5	5,25	1	3,25	3,25	65,43	2	482,7	22,25	1,67	21,91
16	3530	6,25	13,82	90,41	3,31	290,6	2,82	1,73	2,25	3,18	6,18	4,25	2,45	3,5	3,4	45,6	2	487,6	19,15	1,5	28,03
17	5080	7,77	28,39	46,67	1,27	216,7	1,24	1,9	3,34	3,86	4,62	4,47	1,14	3,9	3,97	8,39	2,46	462,5	30,55	2,2	16,49
18	2960	7,38	19,56	334,86	3,55	246,9	2,78	1,21	2,82	3,05	6,34	5,86	2,62	3,51	2,17	10,85	2,11	459,2	26,31	2,09	18,27
19	2890	6,58	15,31	29,91	1,66	275,9	2,98	1,17	2,11	2,86	6,85	7,3	2,97	3,5	1,9	4,1	2,75	452,1	22,96	1,89	19,48
20	2520	6,53	34,26	17,79	1,63	213,7	2,54	1,02	2,38	3,29	6,34	5,83	2,53	3,54	2,45	3,89	2,09	453,3	26,99	2,51	18,84
21	3110	6,37	60,08	41,6	2,68	165,5	1,19	1	2,04	3,89	5,88	5,88	1,04	3,92	3,92	27,53	2,07	472	27,11	2,84	23,09
22	2530	6,54	62,56	41,13	1,58	173	1,47	1,39	2,44	3,74	5,66	5,49	1,37	3,94	3,8	24,29	2,24	467,1	28,38	2,89	21,1
23	1790	5,77	53,47	15,45	1,84	143,4	1,37	1,33	2,41	3,78	5,77	5,76	1,1	3,96	3,88	28,5	2,44	472,1	26,39	2,7	23,79
24	3060	7,77	59,26	7,9	1,19	171,1	1,64	1,12	2,59	3,86	5,59	5,33	1,59	3,92	3,35	5,24	1,94	466	35,26	3,26	13,84
25	3270	6,8	23,54	16,82	1,86	257,3	2,82	1,08	2,15	3,08	6,63	6,5	2,81	3,68	2,12	3,56	2	463,1	24,6	2,17	22,04
26	3190	6,88	58,15	23,28	2,44	190,8	1,42	1,14	2,05	3,76	6,12	6	1,42	4	3,73	23,39	2,04	464	32,15	3,14	18,42
27	2530	6,87	37,68	31,78	1,73	274,3	2,39	1,59	2,1	2,77	5,9	6,99	2,31	3,52	3,13	7,13	2,12	471,3	22,62	2,12	24,51
28	2540	7,07	57,47	10,56	1,43	195,4	1,89	1,09	2,1	3,54	6,33	6,19	1,88	4	2,92	4,7	2,34	456,5	31,95	3,19	18,13
29	1300	6,17	12,27	65,57	1,86	279,8	2,98	1,03	2	2,97	6,9	6,33	2,96	3,98	2,01	284,03	2	470,4	19,96	1,67	26,59
30	1540	6,26	34,96	37,77	2,28	216,2	2,02	1,15	2,27	3,44	6,13	5,95	1,94	3,92	3,05	10,1	2,07	453,2	29,67	2,61	15,66
31	2920	7,79	45,81	64,51	1,78	227,3	1,8	1,26	2,65	3,57	5,98	5,54	1,76	3,98	3,22	5,41	2,26	460,9	30,07	2,73	16,52
32	2400	6,15	22,43	21,34	0,11	310,9	2,74	1,64	2,02	2,37	6,67	7,39	2,65	2,07	1,76	3,14	2,82	452,9	20,46	1,81	25
33	3200	5,79	26,37	109,85	1,91	232,3	2,21	1,39	2,86	3,33	6,25	6,17	1,81	3,84	3,18	7,36	2,09	470,2	21,55	1,96	26,61
34	4410	7,73	64,15	214,05	2,85	195,7	1,18	1,14	2,25	3,84	5,75	5,74	1,12	3,98	3,91	9,75	2,11	465,1	30,77	3,03	18,5
35	1690	6,04	17,16	22,11	1,43	275,7	2,14	1,91	3,01	3,12	5,45	5,96	1,84	3,21	2,95	3,03	2,64	472,8	20,68	1,76	27,82

lokalita	leaf_size	ln_leaf_size	SLA	seed_mass	ln_seed_mass	LDMC	Life_span	Rosettes	Leaf_pers	Leaf_anat	Beg_flow	Phenol_gr	Type_repr	Self_incomp	Breed_syst	Weight	Urbanity	Leaf_C	Leaf_N	Leaf_P	Leaf_C_to_N
1	3130	7,76	21,03	13,74	1,28	257	2,89	1	2,15	3,02	6,7	6,05	2,89	3,64	2	3,27	2,2	443,7	25,25	2,1	17,84
2	5480	8,13	89,53	4,58	0,55	139,2	1,78	1,06	2,14	3,53	6,27	6,27	1,78	4	2,93	4,5	2,46	431,3	40,88	4,56	10,85
3	21470	8,5	94,42	31,48	1,86	157,4	1,78	1,48	2,13	3,58	6,09	5,76	1,54	3,79	4,04	29,5	2,06	456,3	35,45	4,19	14,24
4	2920	7,54	17,74	6,9	0,91	254,2	2,97	1,07	2,41	3,01	6,61	5,79	2,86	3,79	2,03	3,74	1,59	443,5	24,3	2,05	19,06
5	7800	8,39	45,98	2,89	0,58	208,2	2,5	1,83	2,5	3,17	6,83	7	2,33	4	3	3,9	2	451,1	27,82	2,67	17,05
6	3940	8,1	118,27	13,37	1,59	114,8	1,25	1,14	2,25	3,86	5,79	5,72	1,28	3,95	3,78	14,91	2,12	453,5	39,82	4,44	12,02
7	7590	8,2	49,47	35,54	0,17	200,1	2,51	1,2	2,19	3,27	6,26	6,23	2,42	3,88	2,22	40,63	2,59	426,8	36,47	3,92	12,66
8	3980	8,02	90,58	4,55	1,19	154,9	1,63	1,39	2,68	3,7	5,59	5,72	1,46	3,94	3,77	4,69	2,41	446,5	34,8	4,12	14,02
9	1710	6,5	46,22	4,11	0,68	157	1,71	1,35	3,23	3,33	5,06	5,21	1,65	4	3,89	3,76	2,58	435,2	26,48	3,16	17,65
10	1320	6,38	52,35	5,74	1,17	173,6	1,69	1,36	2,68	3,22	5,57	5,99	1,67	4	3,78	6,7	2,32	432,3	29	3,56	16,63
11	65750	10,01	24,9	50,21	1,31	283,5	3	2,58	1,89	2,89	6,79	6,6	3	3,88	5,18	13,73	2,11	464,6	21,8	2,09	21,37
12	2240	7,24	44,7	62,62	1,41	269,2	2,75	1,44	2,57	2,94	5,31	5,29	2,63	3,77	2,69	132,33	2,07	446,7	27,79	3,07	17,17
13	50480	9,12	39,83	48,93	1,47	272,2	2,68	2,32	2,28	3,08	6,24	5,08	2,32	3,72	4,44	9,95	2,12	464,2	25,13	3,02	19,73
14	3040	7,55	84,32	51,01	1,13	173,8	1,9	1,14	2,24	3,34	5,79	5,93	1,66	3,75	3,32	43,76	2,31	448,2	34,5	4,09	14,29
15	30460	9,23	21,7	0,69	-1,36	311,4	2,71	2,14	2,33	2,57	6,86	7,75	2,71	2,71	3	0,33	2,5	457,6	21,74	1,34	23,49
16	64460	10,24	35,93	2,39	0,52	255,8	2,9	2,5	2,32	3,2	6,5	3,75	2,9	4	5,33	2,53	2	466,8	24,2	3,32	19,93
17	5790	7,16	38,67	3,14	0,5	181,2	1,66	1,75	3,16	3,84	4,97	4,67	1,56	4	4,1	4,51	2,74	459,9	27,7	2,43	16,73
18	5770	8,07	83,48	7,18	1,25	159,9	2,06	1,12	2,39	3,55	6,15	5,71	2,03	3,86	3,22	7,14	2,06	449,2	34,55	3,71	14,05
19	2360	7,3	36,9	1,96	0,23	236,8	2,82	1,16	2,93	3,06	6,14	5,03	2,84	3,87	2,63	1,67	2,37	444,1	26,78	2,42	17,01
20	4680	7,97	55,26	5,09	0,76	189	2,44	1,19	2,4	3,31	6,39	5,83	2,41	3,7	2,73	4,7	2,13	444,2	30,6	3,05	15,42
21	5000	8,46	138,99	7,2	1,85	89	1,15	1,06	2	3,93	6,06	6,03	1,12	4	3,91	8,42	2,04	453,1	43,08	4,99	10,66
22	2230	7,14	33,41	7,75	1,46	174,8	1,46	1,08	2,33	3,04	5,99	7,04	1,29	3,98	3,68	11,29	2,96	440,9	34,59	3,34	12,97
23	3550	8,03	105,86	6,36	1,52	120,3	1,27	1,22	2,27	3,9	5,78	5,73	1,2	4	3,88	8,6	2,27	456,2	38,26	4,09	12,54
24	13090	7,83	43,63	3,45	-0,18	198,9	2,52	1,54	2,8	3,7	6,05	6,12	2,51	3,54	2,54	2,62	2,15	437	35,14	3,63	13,39
25	1890	7,27	19,82	7,79	1,02	248,2	2,73	1,09	2,78	3,02	6,68	6,44	2,68	3,86	2,21	7,36	2,38	437,8	25,76	2,13	17,12
26	3410	7,8	41,85	2,44	-0,34	193,1	2,39	1,07	2,25	3,14	6,59	6,63	2,38	3,98	2,04	2,34	2,8	417,1	37,62	3,86	11,61
27	2410	7,43	22,37	15,28	1,36	285,7	2,69	1,44	2,24	2,7	6,18	7,02	2,62	3,6	2,39	8,81	2,24	451,7	23,03	1,88	20,2
28	2870	7,43	50	4,2	0,79	189,4	2,12	1,03	2,38	3,23	6,53	6,34	2,12	4	2,63	4,95	2,67	430	33,14	3,34	13,77
29	2440	7,64	17,97	3,74	0,53	283,4	2,93	1,21	2,09	2,79	6,82	7,56	2,93	3,59	1,94	2,18	2,53	443,7	23,68	1,88	19,49
30	2890	7,37	50,2	8,93	0,79	179,3	2,13	1,18	2,57	3,31	6,19	6,21	1,97	3,82	2,9	3,82	2,45	435,4	32,18	3,22	14,46
31	3600	7,6	22,47	16,88	1,36	250,7	2,75	1,05	2,38	3,01	6,6	6,23	2,7	3,66	2,18	6,26	2,43	440,8	25,61	2,18	17,65
32	1490	7,02	28,32	2,16	0,46	275	2,94	1,5	2,45	2,91	6,36	6,07	2,6	2,98	1,67	1,81	2,37	442,8	25,67	2,26	17,82
33	6260	7,82	86,49	3,74	0,57	131,5	2,21	1,11	2,76	3,75	5,44	4,98	2,18	3,94	3,56	4,38	2,16	449,2	35,9	4,07	13,19
34	3170	7,03	36,45	4,46	1,19	206,2	2,08	1,19	2,76	3,2	6,35	5,9	2,02	4	3,05	5,73	2,69	436,5	27,99	2,6	16,01
35	2020	7,07	33,15	5,78	1,11	213,5	2,21	1,11	2,7	3,14	6,45	5,86	2,17	3,96	2,77	6,29	2,8	436	27,81	2,56	16,12

Příloha 5 Úplný ordinační diagram pro nepřímou gradientovou analýzu CA, s uvedením všech druhů bylinného patra ze sběru roku 2023.

