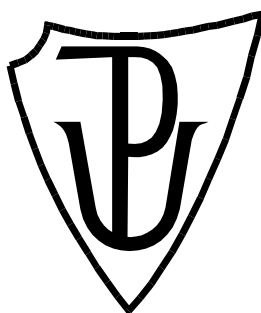


# UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky



## **Závislost druhového složení bylinného podrostu doubavy na půdním pH podél svahového gradientu**

### **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Autor:	<b>Marika Kobzová</b>
Studijní program:	B1501 Biologie
Studijní obor:	Biologie – Geologie a ochrana životního prostředí pro vzdělávání
Forma studia:	Prezenční
Vedoucí práce:	<b>Mgr. MgA. Radim Hédl, Ph.D.</b>
Místo odevzdání:	Olomouc
Rok:	2018

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval/a samostatně s vyznačením všech použitých pramenů a spoluautorství. Souhlasím se zveřejněním bakalářské práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů. Byl/a jsem seznámen/a s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, ve znění pozdějších předpisů.

V Olomouci dne 5.5.2018

..... *podpis bakaláře*

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala především mému vedoucímu Mgr. MgA. Radimovi Hédlovi, Ph.D. za jeho ochotu, za poskytnutí spousty studijních materiálů, jeho cenné rady, a především za jeho trpělivost, se kterou mi vše vysvětloval.

Tímto také děkuji všem z brněnského Oddělení vegetační ekologie Botanického ústavu AV ČR za poskytnutí laboratoře k mému výzkumu, především bych ráda poděkovala Dušanovi Lekešovi za jeho odborné vedení při zpracování vzorků půdy pro mou bakalářskou práci a Mgr. Markétě Chudomelové za konzultaci při zpracování výsledků.

## Bibliografická identifikace

<b>Jméno a příjmení autora:</b>	Marika Kobzová
<b>Název práce:</b>	Závislost druhového složení bylinného podrostu doubravy na půdním pH podél svahového gradientu
<b>Typ práce:</b>	Bakalářská
<b>Pracoviště:</b>	Katedra botaniky
<b>Vedoucí práce:</b>	Mgr. MgA. Radim Hédl, Ph.D., Katedra botaniky PřF UP, Botanický ústav AV ČR
<b>Rok obhajoby práce:</b>	2018

**Abstrakt:** Jedním z nejdůležitějších abiotických faktorů ovlivňující výskyt a přežívání rostlin na stanovišti je pH půdy. Ve své bakalářské práci jsem zkoumala vliv pH půdy na druhovou bohatost bylinného podrostu teplomilné doubravy na spraších v blízkosti obce Němčičky na jižní Moravě. Tato oblast je zajímavá svou druhovou bohatostí a prostorově rozrůzněnými společenstvy teplomilných lesů. Sběr dat proběhl od 23. 8. 2017 do 30. 8. 2017 podél svahového gradientu o délce asi 100 m. Pořídila jsem 100 fytocenologických snímků, každý o velikosti 1 m<sup>2</sup>, uspořádaných do pěti vrstevnicových transektů. Zaznamenala jsem kompletní druhové složení cévnatých rostlin a pro každou plochu odebrala vzorek půdy k analýze pH. Celkově bylo na snímcích 47 druhů lesního podrostu a pH se pohybovalo v poměrně širokém rozpětí od 4,47 do 7,91. Pro analýzu dat jsem využila korelační analýzu, pro analýzu variance jsem použila její neparametrickou obdobu – Kruskal-Wallisův test. Korelační analýza ukázala pozitivní, statisticky průkazný vztah mezi počtem druhů a pH půdy ( $r = 0,304$ ,  $p < 0,05$ ). Výsledky Kruskal-Wallisova testu ukazují, že hodnota pH se signifikantně lišila pro jednotlivé transekty ( $F = 27,468$ ,  $p = 0,00002$ ), stejně tak se lišila i pro počet druhů ( $F = 12,206$ ,  $p = 0,016$ ). Následující testy prokázaly, že se mezi sebou transekty podél svahového gradientu signifikantně lišily pro hodnoty pH i pro počet druhů.

<b>Klíčová slova:</b>	pH půdy, druhová diverzita, temperátní les
<b>Počet stran:</b>	38
<b>Počet příloh:</b>	1 CD
<b>Jazyk:</b>	Český

## **Bibliographical identification**

**Autor's first name and surname:** Marika Kobzová

**Type of thesis:** Bachelor

**Department:** Department of Botany

**Supervisor:** Mgr. MgA. Radim Hédl, Ph.D., Department of Botany, Faculty of Science Palacký University, Institute of Botany of the Czech Academy of Sciences

**The year of presentation:** 2018

**Abstract:** One of the most important abiotic factors affecting the presence and survival of plants on habitat is soil pH. In my thesis, I researched the influence of soil pH on the species richness of the herbaceous undergrowth of thermophilic oakwood near Němčičky in South Moravia. This area is interesting for its species richness and spatially diverse communities of thermophilous forests. Data were collected from August 23, 2017 to August 30, 2017, along the slope gradient with a length of 100 metres. I took 100 phytosociological relevés, each of size of 1 m<sup>2</sup>, arranged in five contour transects. I recorded species composition of vascular plants and took a soil sample for pH analysis for each relevé. Altogether, there were 47 species of herbs and the pH with a fairly wide range from 4.47 to 7.91. For data analysis I used correlation analysis and nonparametric type of analysis of variance – Kruskal-Wallis test. Correlation analysis revealed a positive, medium strength correlation between number of species and soil pH ( $r = 0.304$ ,  $n = 100$ ,  $p < 0.05$ ). According to Kruskal-Wallis test, the pH for the individual transects differed significantly ( $F = 27,468$ ,  $p = 0,00002$ ), also number of species differed for individual transects ( $F = 12,206$ ,  $p = 0,016$ ) and according to the follow-up tests, the transects along the slope were significantly different for soil pH and for number of species as well.

**Keywords:** Soil pH, species richness, temperate forest

**Number of pages:** 38

**Number of appendices:** 1 CD

**Language:** Czech

# Obsah

1. Úvod.....	7
2. Cíle práce.....	8
3. Teoretická část.....	9
3.1. Ekologické limity.....	9
3.2. Vztah rostlin a pH půdy.....	10
3.3. Evoluční a historické procesy.....	13
3.4. Zeměpisná poloha a pH půdy.....	14
3.5. Vztah druhové zásoby a pH půdy.....	15
3.6. Ellenbergovy indikační hodnoty.....	15
4. Popis lokality.....	17
4.1. Vegetace.....	17
4.2. Biogeografie.....	17
4.3. Geologie.....	18
4.4. Pedologie.....	18
4.5. Geomorfologie.....	18
5. Metodika.....	19
6. Výsledky.....	22
6.1. Druhová diverzita a pH půdy.....	22
6.2. Rozdíly mezi horizontálními transekty.....	25
7. Diskuze.....	28
8. Závěr.....	29
9. Didaktická část.....	30
10. Použitá literatura.....	33

# 1. Úvod

Ve své bakalářské práci jsem se zaměřila na zjištění vztahu diverzity bylinného podrostu opadavého lesa a pH půdy. Sběr terénních dat proběhl podél svahového gradientu v teplomilné doubravě v katastru obce Němčičky jihovýchodně od Brna. Tuto lokalitu jsme s mým vedoucím vybrali proto, že poskytuje vhodné modelové prostředí pro zkoumání zvoleného ekologického vztahu. Oblast je zajímavá tím, že se zde vyskytují druhově bohatá a prostorově rozrůzněná společenstva teplomilných lesů. Acidita půdy je jedním z hlavních faktorů určujících rozšíření jednotlivých druhů a celých společenstev, která tyto druhy tvoří (Ellenberg 1988, Slavíková 1986).

## 2. Cíle práce

Cílem práce je prozkoumat vztah mezi hodnotou pH půdy a druhovou bohatostí na malé prostorové škále v opadavém teplomilném lese. Předpokládá se pozitivní vztah, protože ve středoevropské evropské flóře v důsledku evolučních a historických procesů převažují bazofilní druhy nad druhy acidofilními (Ewald 2003). Půdní acidita byla jako faktor prostředí vybrána také proto, že je poměrně snadno měřitelná a na přítomnost rostlin na stanovišti má zásadní vliv.

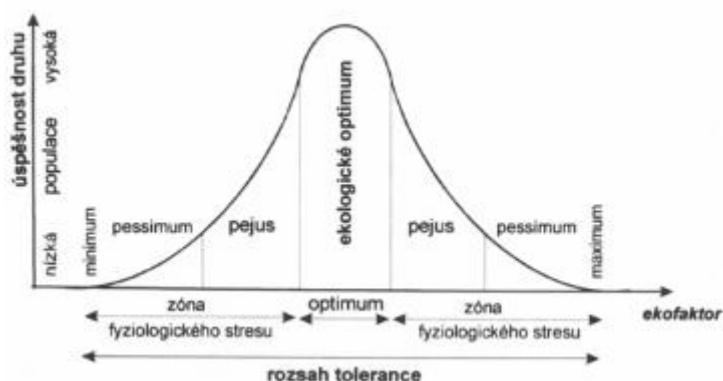


### 3. Teoretická část

#### 3.1. Ekologické limity

Pro každý organismus existují typické limitující hranice, kterými je omezena jeho snášenlivost vůči působení určitého faktoru prostředí, zvaná též ekologická valence (Begon et al. 1997). Pojem ekologická amplituda druhu rozumíme rozsah tolerance daného druhu k hodnotám určitého faktoru prostředí. Tato tolerance má na jedné straně minimální a na druhé maximální hodnotu daného faktoru (Slavíková 1986).

Podle Townsenda et al. (2010) ekologické pesimum označuje oblast minima nebo naopak maxima hodnot faktorů, které jsou pro rostlinu nejméně příznivé. Pod hranicí minima a nad hranicí maxima hovoříme o podmínkách, jež jsou pro růst druhu nevyhovující a inhibují přítomnost rostliny na stanovišti. Při středních hodnotách faktorů hovoříme o ekologickém optimu, při kterém druh nejvíce prosperuje (obr. 1).



**Obr. 1** Graf znázorňující ekologickou valenci druhu vzhledem k faktoru prostředí (převzato z: <http://docplayer.cz/11669337-Konkurence-predace-pastva-seslap-imise-aj-energeticke-svetlo-teplota-chemicke-ph-ci-trofie-vod-pudy-apod-mechanicke-vitr-snih-pozary-aj.html>)

Rostliny, které mají úzkou ekologickou valenci vůči souboru faktorů prostředí, a tedy úzkou ekologickou niku, jsou nazývány stenoekní. Tyto rostliny bývají často stenotopní, tj. vyskytují se většinou na stanovištích, jež jim nabízejí právě takové podmínky, které jim vyhovují a kde jsou stanovištní faktory v rozsahu jejich ekologické tolerance, proto mají většinou malé rozšíření. Naopak rostliny, jež mají širokou ekologickou valenci a z ní vyplývající niku, se nazývají euryekní. Rostliny, které mají širokou toleranci k základním faktorům prostředí (jako je teplota, vlhkost nebo právě

pH půdy) se zpravidla vyskytují častěji a mají vyšší abundanci v širokém spektru společenstev a nazývají se proto eurytopní. Samozřejmě platí, že pro různé faktory může mít druh různý rozsah tolerance (Slavíková 1986).

O přítomnosti rostliny na stanovišti teoreticky rozhoduje ten faktor, jehož hodnota je pod nebo nad hranicí tolerance druhu. Rozhodující mohou být mezní hodnoty faktorů, nikoli jejich průměrné hodnoty. Platí zde „zákon minima“ formulovaný J. Liebigem v roce 1840 (Slavíková 1986), který nám říká, že růst a vývoj organismu jsou omezovány tím faktorem, kterého je na daném stanovišti v souboru přítomných faktorů největší nedostatek (Townsend et al. 2010).

Pokud známe rozsah valence druhu vůči určitému faktoru, lze toho využít při analýze stanoviště, na kterém se vyskytuje. Rostlina se tak stává ekologickým indikátorem stanoviště (Niemi & McDonald 2004, Dale & Beyeler 2001). Tím se mohou stát i celá rostlinná společenstva (Slavíková 1986).

### **3.2. Vztah rostlin a pH půdy**

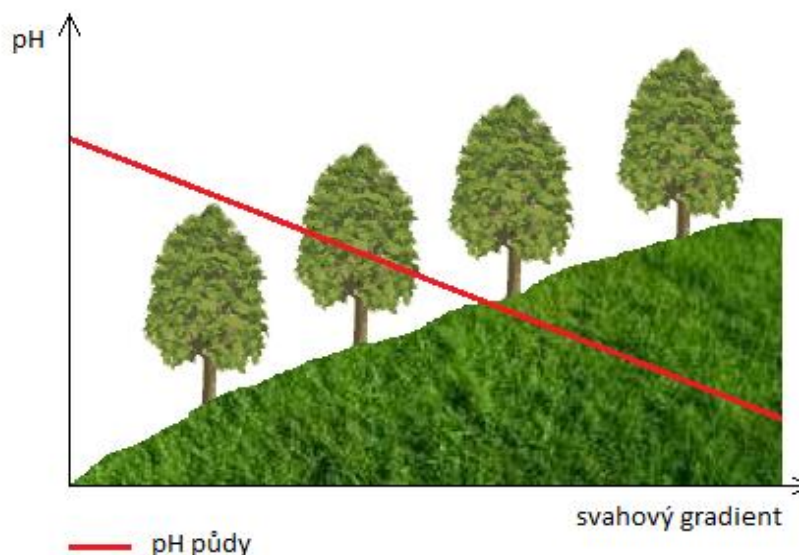
Chemické složení půdy ovlivňuje výskyt rostlin na stanovišti. Podle výskytu rostliny na stanovišti jsme tak schopni předpovědět některé z podmínek, jež na stanovišti panují, je ovšem nutné znát ekologické nároky konkrétního druhu, a především je potřeba znát amplitudu jeho ekologické tolerance k základních chemickým prvkům, které jsou obsaženy v půdě. V tom, jestli se rostlina vyskytuje na stanovišti, nehraje roli, za jakých podmínek dochází ke vzniku optimální míry hodnotu určitého faktoru, zda je například hodnota pH ovlivněna zeměpisnou šířkou nebo nadmořskou výškou (Slavíková 1986).

Přítomnost či nepřítomnost většiny rostlin na určitém stanovišti souvisí s koncentrací vodíkových iontů v půdním roztoku, tzv. půdní reakci. Dle Šarapatky (2014) je reakce půdy neboli aktuální acidita závislá na koncentraci iontů vodíku v půdním roztoku a je vyjadřována pomocí jejího záporného dekadického logaritmu označovaného jako pH.

Přežití většiny druhů rostlin je nízké při extrémních hodnotách. Těmi jsou přibližně  $\text{pH} < 3$  a  $\text{pH} > 9$ . Při takto extrémních hodnotách pH dochází k poškození

protoplazmy kořenových buněk rostliny (Slavíková 1986). Velké množství vodíkových iontů v kyselých půdách může totiž poškodit buněčné membrány nebo jiné orgány kořene, čímž může změnit permeabilitu a způsobit tak únik živin z kořenů (Tyler 2003). Pokud by byly hodnoty pH naopak moc vysoké a vodíkových iontů by bylo málo, mohlo by dojít ke značnému nedostatku živin dostupných pro rostliny. V alkalických půdách jsou živiny pevně vázány v málo rozpustných sloučeninách, takže dochází k nedostatečnému zásobování rostlin (Begon et al. 1997).

Podle Slavíkové (1986) je půdní reakce dána typem a složením matečné horniny, ale také závisí na půdotvorných procesech. Např. půdy na vápencích mají pH vyšší než jiné typy půd. Dalším příkladem může být kyselá reakce půdy způsobená vyplavením kationtů srážkovou vodou z povrchové vrstvy půdy do vrstvy ležící pod ní. Důvodem vyplavování kationtů může být jejich nedostatečná adsorpce na sorpční komplex půdy nebo že kationty nejsou vázány chemickou sorpcí či půdními organismy (Tůma & Klauďová 2008). Dále může ztrátu kationtů způsobit působení organických kyselin nebo disociace kyseliny uhličitě, která je v půdě hromaděna jako produkt mikrobiálních procesů. Také samy rostliny ovlivňují reakci půdy, zejména opadem a následným rozkladem listů, kdy často dochází k okyselení povrchových vrstev půdy.



**Obr. 2** Schématické znázornění možného vztahu hodnoty pH a svahového gradientu.

Hodnota pH půdy se také mění s hloubkou horizontů, s ohledem na klima může pH směrem do hloubky stoupat (humidní oblasti) nebo naopak klesat (aridní oblasti). Změnu reakce lze pozorovat na svazích kopců a hor. Ve většině případů kyselost

na svazích směrem vzhůru stoupá, tím pádem bývá nejnižší hodnota pH na vrcholu kopce, a to v důsledku promývání kationtů deštěm do hlubších vrstev půdy (obr. 2). Naopak na úpatí svahu je zpravidla pH nejvyšší vlivem přísunu splaveného materiálu (Slavíková 1986).

U všech druhů platí, že nejlépe prosperují a jsou konkurenčně nejsilnější za optimálních podmínek, což platí i pro pH půdy (Townsend et al. 2010). Půdní reakce působí, byť nepřímo, na příjem živin a na další funkce rostliny. V kyselejších půdách dochází ke snížení absorpce Ca, Mg a P a zároveň se zvyšuje rozpustnost některých látek jako jsou Al, Mn, Fe a těžké kovy, jejichž koncentrace může dosáhnout až toxických hodnot. S nižším pH se snižuje rychlost koloběhu dusíku a následná fixace N (Slavíková 1986).

Při vyšším pH (6,2–9,2) probíhá nitrifikace velmi intenzivně, dochází k uvolňování  $H^+$  a to může vést k okyselování půdy. V přirozených podmínkách však není pH půdy nitrifikací nijak významně ovlivněno, vliv ale může být patrný při použití dusíkatých hnojiv nebo při dlouhodobé acidifikaci. Naopak ke zvyšování pH půdy dochází například při hydrolýze močoviny (Šantrůčková 2001).

Rostliny dusík přijímají ve formě amonné nebo nitrátové. V kyselých půdách jsou omezeny nitrifikační procesy a dusík zůstává v amonné formě. V půdách s neutrálním až alkalickým pH dochází pomocí bakterií k přeměně amonných iontů na nitráty. Koncentrace nitrátů v půdách bývá zpravidla vyšší, proto ho rostliny přijímají více, amonné ionty bývají hojně zastoupeny jen v kyselých půdách, acidofilní rostliny se tedy adaptovaly na příjem dusíku v této formě (Raimanová 2009).

Podle požadavků rostlin na hodnotu pH půdy je možné rozdělit je do tří skupin (Slavíková 1986):

- Acidofyty (acidofilní rostliny) – rostou na stanovišti do pH 6,7 (např. *Festuca ovina*)
- Neutrofyty (neutrofilní rostliny) – optimální pH kolem 7
- Alkalofyty (bazifyty) – pH vyšší než 7,2 (*Carex humilis*, *Dictamnus albus*)

Výrazným rysem evropské vegetace je značná rozdílnost mezi skupinami acidofilních a bazifilních druhů rostlin. V regionálním měřítku se soubor všech druhů schopných žít v daných podmínkách prostředí liší podle typu vegetace. I když není zcela

prozkoumáno ekofyziologické pozadí tohoto jevu, je zřejmé, že půdy s pH 7 a vyšším preferuje více druhů než půdy kyselé (Gough et al. 2000). V důsledku toho má většina oblastí v mírném pásmu větší druhovou zásobu bazifilních druhů než druhů acidofilních (Illyés et al. 2007, Ewald 2003, Grime 2006).

### **3.3. Evoluční a historické procesy**

V globální studii Pärtela (2004) bylo prokázáno, že vztah pH půdy a druhové diverzity rostlin závisí na aciditě půdy v regionálních centrech evoluce.

Také se uvažuje, že hlavní roli v regulaci bohatosti hraje zásoba rostlinných druhů („species pool“) (Schuster & Diekmann 2003). Tento jev Pärtel et al. (1996) vysvětluje pomocí tzv. „species pool hypotézy“. Ta udává, že čím větší daná oblast je, tím větší je možnost speciace druhů v oblasti přítomných a zároveň zde existuje větší počet druhů přizpůsobených dané oblasti (Eriksson 1993). Dostupnost druhů však není dána jen speciací, ale je dána také historickými procesy, které ovlivňovaly migraci druhů.

Pokud má regionální evoluční centrum půdy s nízkým pH, vztah pH a diverzita je negativní (s narůstajícím pH diverzita klesá), pokud na půdách s vysokým pH, je daný vztah pozitivní (s narůstajícím pH diverzita stoupá). Tento vztah pH a diverzity je dán rozdílem ve velikosti zásoby druhů pro půdy s nízkým nebo vysokým pH, což je výsledkem evoluce v daném typu prostředí a přenáší se do současných podmínek, které mohou být z hlediska půdního pH odlišné (Pärtel, 1996).

Pärtel (2002) na základě toho usuzuje, že převaha bazifytů ve střední Evropě (studie proběhla v Německu) je způsobena tím, že pH půdy většiny evolučních center oblastí mírného pásma mělo bazické hodnoty. Většina půd Evropy byla obohacena bazickými sedimenty v průběhu dob ledových, díky působení kontinentálního ledovce a ukládání sprašových sedimentů. Předpokládá se, že vyšší druhové bohatství půd s vyšším pH je způsobeno tím, že bazické substráty byly během kvartéru častější a byl zde tím pádem prostor pro vývoj více bazifilních druhů. Příčinou tohoto stavu může být fakt, že doby ledové trvaly mnohem delší dobu než doby meziledové a rostliny tak během nich měly více času ke svému evolučnímu vývoji a vytvoření preference bazických půd (Ložek 2007). K tomu je třeba započítat i pravděpodobný vliv vyhynutí velké části acidofilů v pleistocénu, kdy bylo klima suché a chladné. To vše má zřejmě

v Evropě vliv na současnou převahu bazofilních druhů nad těmi acidofilními (Pärtel 2002, Ewald 2003).

Jak paleoekologické údaje, tak analogie s moderními ekosystémy nacházejícími se ve vyšších nadmořských šířkách, naznačují, že vývoj současných druhů, který započal nejméně před 10 miliony let, se odehrával v epoše s poměrně silnými gradienty na velkém prostorovém a časovém měřítku (Chytrý, Tichý & Roleček 2003).

### **3.4. Zeměpisná poloha pH půdy**

Ve středních a vyšších zeměpisných šířkách se druhová bohatost s rostoucím pH půdy zvyšuje (Illyés et al. 2007). V nižších zeměpisných šířkách může být tento vztah naopak negativní (Pärtel 2002), ale například tropické deštné lesy jsou většinou na stanovištích kyselých (Motavalli et al. 1995). Půdy jsou v nich kyselé především díky vlhkému klimatu, kdy srážky převažují nad výparem, které způsobuje vymývání bazických kationtů z půdy. Naopak v sušších oblastech nižších zeměpisných oblastí dochází ke kalcifikaci, tedy akumulaci vápníku ve svrchních vrstvách, kde saturuje a stabilizuje koloidy a způsobují až bazickou reakci (Šarapatka 2014). Ačkoliv ve vyšších zeměpisných šířkách je pH půdy většinou nízké, jedná se o důsledek postglaciálního vývoje prostředí, který se cyklicky opakuje a jeho vliv se překrývá s vlivem evoluce druhů ve starších obdobích. Tyto vztahy zřejmě platí jak pro jižní, tak pro severní polokouli (Pärtel 2002). Vliv na pH půdy má i nadmořská výška. V České Republice a méně i na Slovensku je pH a množství živin půdy s nadmořskou výškou korelováno, proto se bazické půdy vyskytují hlavně v nížinách se sušším klimatem (Lososová et al. 2004).

Na velkých plochách se vyskytují především půdy s vysokým pH, což je způsobeno sníženým vyluhováním kationtů, eolickou sedimentací částic bohatých na uhličitán vápenatý a kryoturbací. Druhové bohatství se mění od globálního po regionální měřítko. Jestliže je místní druhová bohatost stejná v různých regionech s odlišnými evolučními pozadími, je to zřejmě způsobeno místními procesy. Pokud se druhové bohatství mezi regiony mění, tak by tyto odlišnosti měly být způsobeny rozdíly v evoluční historii. Pokud je zásoba druhů na půdách s vysokým pH větší než na půdách s nízkým pH, pozitivní vztah mezi bohatostí a pH je očekáván na regionálním měřítku (Pärtel 2002).

Pärtel (in Illyés et al. 2007) to vše vztáhl k hypotéze zásoby druhů, pozitivní vztah mezi bohatostí a pH půdy podle něj vyplývá z existence většího počtu bazifilních rostlin v dílčích floristických oblastech temperátu, pH půdy se může měnit i na poměrně malém měřítku, jeho hodnota může být výrazně jiná v rozmezí jen několika metrů.

### **3.5. Vztah druhové zásoby a pH půdy**

Ewald (2003) na základě rozložení Ellenbergových indikačních hodnot pro půdní reakci ukazuje, že mnohem vyšší druhová zásoba cévnatých rostlin je ve střední Evropě na půdách bazických než na půdách kyselých. Ukazuje se, že to neplatí o vegetaci celkově, ale pro různé typy vegetace může být tento vztah velmi odlišný. Pozitivní vztahy (Pärtel 2002) jsou často pozorovány v lesních nebo travinných společenstvech, kdežto v jiných společenstvech se často vyskytují vztahy unimodální, nevýznamné nebo dokonce záporné.

Jak udávají Chytrý et al. (2003), vztah pH a regionální druhové bohatosti může být negativní například pro vysokohorskou a synantropní vegetaci a unimodální pro přechodně zaplavované břehy, což může být zapříčiněno odlišnou evoluční historií vegetačních typů. Podle Pärtela (2002) vše může být, kromě dalších vlivů prostředí, způsobeno odlišnou šířkou gradientu pH v jednotlivých studiích. Pozitivní vztah se častěji projevuje na lokalitách s kyselým až neutrálním pH a negativní vztah je patrný na lokalitách s neutrálním až zásaditým pH, avšak v temperátních oblastech střední Evropy může být vztah pozitivní i na půdách s vyšším pH.

Podle Ewalda (2003) v rámci rozmezí kyselosti půdy nemusí být vztah mezi počtem druhů a hodnotou pH nevyhnutelně unimodální, protože žádný druh nemůže přežít hodnoty vyšší než 9. Až 86 % cévnatých rostlin lze považovat za indikátory půdní reakce a přes polovinu zkoumaných druhů dává přednost zásaditým půdám.

### **3.6. Ellenbergovy indikační hodnoty**

Zkoumat vliv půdní acidity na druhovou bohatost lze několika způsoby, a to za použití přímého odběru vzorků půdy v terénu a následné analýzy v laboratoři, nebo za použití Ellenbergových indikačních hodnot (případně jiných indikačních hodnot), které nám poskytují odhad podmínek stanoviště na základě druhů, jež se na stanovišti

vyskytují. Oproti přímému odběru vzorků, který je nezávislý, je odhad acidity půdy za pomoci indikačních hodnot závislý právě na druhovém složení stanoviště. Ellenberg et al. (1992) definoval soubor indikačních hodnot pro cévnaté rostliny střední Evropy (původně pro Německo). Druhy rostlin podle mají určité optimum výskytu pro základní proměnné prostředí. Ty zahrnují například teplotu, světlo, pH půdy a další faktory. Pokud bychom chtěli vyhodnotit ekologické podmínky stanoviště, jsou rostliny zdrojem užitečných informací.

Pokud je na stanovišti přítomen např. pěnišník pontický (*Rhododendron ponticum*), půda je téměř jistě kyselá, naopak je-li přítomný hlaváč fialový (*Scabiosa columbaria*), je půda zpravidla zásaditá. Na této indikaci jsou založeny Ellenbergovy indikační hodnoty, které mají pro půdní aciditu rozsah od 1 (nízké pH) do 9 (vysoké pH). Vztah mezi naměřenými hodnotami půdního pH a Ellenbergovými indikačními hodnotami lze poměrně jednoduše vypočítat, avšak nemusí snadno platit pro všechny typy stanovišť a pro všechny druhy. Výhodou Ellenbergových indikačních hodnot je skutečnost, že mohou být citlivější na požadavky rostlin než vybraná fyzická proměnná. Druhy se však nechovají, co se týče jejich ekologických požadavků, konstantně v celém svém areálu. Určité druhy mají ve Velké Británii odlišné požadavky na pH půdy než ve střední Evropě, a tak mohou mít některé druhy pro Británii jiné požadavky na pH a následně odlišné indikační hodnoty než pro střední Evropu (Hill 1999).



## 4. Popis lokality

K popisu lokality jsem využila služeb Národního geoportálu INSPIRE, ve kterém jsem přidáním jednotlivých filtrů do základní mapy zjistila, do jakých jednotek, ať už biogeografických, geologických, pedologických nebo geomorfologických, mnou zkoumaná lokalita náleží. Sběr dat na mou bakalářskou práci se uskutečnil v katastru obce Němčičky v Jihomoravském kraji, v okrajové části teplomilné doubravy.

### 4.1. Vegetace

Zkoumaná doubrava patří do asociace Panonských sprašových doubrav *Quercetum pubescenti-roboris* (Chytrý et al. 2013). Jedná se o doubravu s převahou dubu letního (*Quercus robur*) s přimíšenými druhy jako javor babyka (*Acer campestre*) a jeřáb břek (*Sorbus torminalis*). Z keřového patra se zde vyskytuje především dřín jarní (*Cornus mas*), ptačí zob obecný (*Ligustrum vulgare*) a růže (*Rosa* sp.). Pokryvnost keřového patra může kolísat, ale obvykle nepřesahuje 50 %. Bylinné patro je zde druhově velmi bohaté, hojně se vyskytuje válečka prapořitá (*Brachypodium pinnatum*), konvalinka vonná (*Convallaria majalis*) nebo lipnice hajní (*Poa nemoralis*). V početném zastoupení se zde vyskytují i teplomilné bazifilní druhy jako je kamejka modronachová (*Buglossoides purpureocaerulea*), ostřice Micheliova (*Carex michelii*), třemdava bílá (*Dictamnus albus*) a tolita lékařská (*Vincetoxicum hirundinaria*) nebo také obecnější druhy teplomilných hájů jako medovník meduňkolistý (*Melittis melissophyllum*). Druhové bohatství se mění se zápojem stromového patra, na ploše o velikosti 100 m<sup>2</sup> se nejčastěji vyskytuje 25–50 druhů cévnatých rostlin. Panonské sprašové doubravy se u nás vyskytují hlavně v teplých a suchých pahorkatinách nebo na plochých vrchovinách Západních Karpat.

### 4.2. Biogeografie

Podle členění Culka (1996) lokalita náleží do Hustopečského bioregionu, který se nachází na území jižní Moravy. Území je tvořeno především pahorkatinou na vápenitém flyši a spraších. Tento bioregion je charakteristický míšením panonských a karpatských prvků. V současnosti je zde hojně zastoupení teplomilných doubrav a dubohabřin.

Bioregion patří k nejteplejším oblastem České republiky (Culek 1996). Podle Atlasu podnebí Česka (Tolasz et al. 2007) se zde roční úhrn srážek průměrně pohybuje okolo 400–500 mm/rok, průměrné teploty se pohybují od 9 °C do 10 °C, oblast je tedy teplá a poměrně suchá. Podle fytogeografického členění (Hejný & Slavík 1997) náleží oblast do termofytika a to konkrétně do oblasti 20. Jihomoravská pahorkatina, podoblasti 20b. Hustopečská pahorkatina.

### **4.3. Geologie**

Z pohledu geologie oblast náleží do regionu Vnějších Karpat a bradlového pásma terciárního stáří, dle nižšího členění náleží k ždánicko-hustopečské formaci. Jádro oblasti je tvořeno převážně málo odolnými flyšovými horninami ždánické jednotky, dominantními typy hornin podloží jsou vápenité jílovce, pískovce a podřízeně slepence (Culek 1996).

### **4.4. Pedologie**

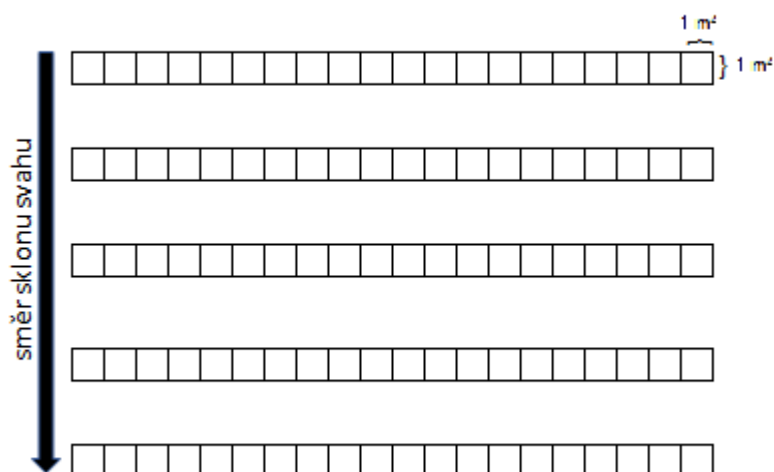
Dominantním půdním typem jsou luvisoly, což jsou půdy rovinatějších území humidního mikrotermálního až humidního mezoderálního klimatu, vyvíjející se hlavně ze sedimentárních substrátů s menším podílem minerálů lehce podléhajících zvětrávání, z nich pak převládá především modální hnědozem na spraších (Němeček et al. 1990).

### **4.5. Geomorfologie**

Z geomorfologického hlediska patří oblast do systému alpsko-himálajského, provincie Západních Karpat, subprovincie Vnějších západních Karpat, celku Ždánického lesy a okrsku Němčičské pahorkatiny (Balatka & Kalvoda 2006).

## 5. Metodika

Terénní část výzkumu spočívala ve sběru dat na čtvercových plochách o velikosti 1 m<sup>2</sup>. Lokalita byla vybrána subjektivně, plochy jsem umístila tak, aby na sebe navazovaly a aby od sebe byly jednotlivé horizontální transekty vytvořené z těchto ploch zhruba 20 metrů vzdáleny. Ploch bylo 100 a byly rozděleny do pěti skupin po 20 snímcích, které byly uspořádány do horizontálních linií kolmých na svahový gradient (obr. 3). Ten byl dlouhý přibližně 100 m, což byla zhruba délka svahu se souvislým lesním porostem.



**Obr. 3** Schéma uspořádání snímkovacích ploch. Horizontální transekty jsou od sebe vzdáleny 20 m a svahový gradient zabírá zhruba 100 m.

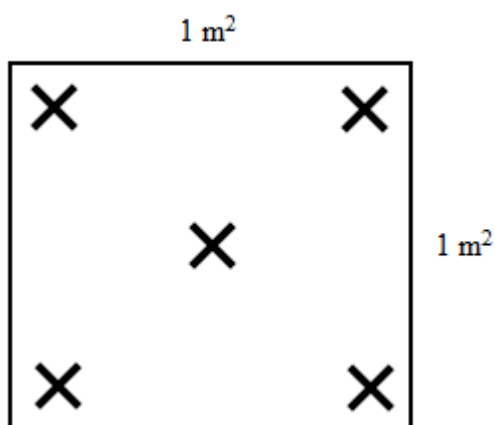
Sběr dat proběhl od 23. 8. 2017 do 30. 8. 2017. Za pomoci GPS přístroje jsem zaměřila polohu jednotlivých transektů a podle toho jsem následně zjistila nadmořskou výšku jednotlivých transektů z internetových stránek [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz). S pomocí těchto stránek jsem zjistila také orientaci svahu. GPS souřadnice jsou umístěny vždy ve středu každého transektu:

- Transekt 1: 48°56'56.835"N, 16°50'15.010"E
- Transekt 2: 48°56'55.998"N, 16°50'14.141"E

- Transekt 3: 48°56'55.339"N, 16°50'13.349"E
- Transekt 4: 48°56'54.743"N, 16°50'12.712"E
- Transekt 5: 48°56'54.083"N, 16°50'11.881"E

Na každé ploše jsem zapsala fytoocenologický snímek. Na každém snímku jsem s pomocí Klíče ke Květeně ČR (Kubát et al. 2002) určila jednotlivé druhy a vytvořila seznam druhů. Zachyceny byly druhy bylinného patra včetně semenáčků dřevin. Pokryvnost jednotlivých druhů jsem stanovila odhadem za použití devítistupňové Braun-Blanquetovy stupnice (Moravec 1994).

Na všech plochách jsem po odstranění organického opadu odebrala pět dílčích vzorků půdy (obr. 4) zasahujících do hloubky zhruba 5 cm. Vzorek pro plochu byl smíchaný ze vzorků dílčích (4 vzorky z každého rohu a 1 vzorek ze středu).



**Obr. 4** Schéma odběru vzorků půdy na snímku.

Vzorky půdy jsem nechala několik týdnů proschnout a následně jsem je převezla do laboratoře. Tam jsem vzorky nejprve přesila přes síto na jemnozem II (částice < 2 mm). Následně jsem smíchala vždy 20 g z každého vzorku s 50 ml destilované vody a nechala vše promíchat na automatické třepačce. Samotné měření proběhlo za pomoci pH metru se skleněnou elektrodou. Hodnotu pH jsem stanovila ve vodní suspenzi, je tedy označována jako pH-H<sub>2</sub>O.

Za použití programu Turboveg for Windows (Hennekens & Schaminée 2001) jsem terénní zápisy fytoocenologických snímků převedla do elektronické podoby a následně je exportovala k dalšímu zpracování v programu JUICE (Tichý 2002).

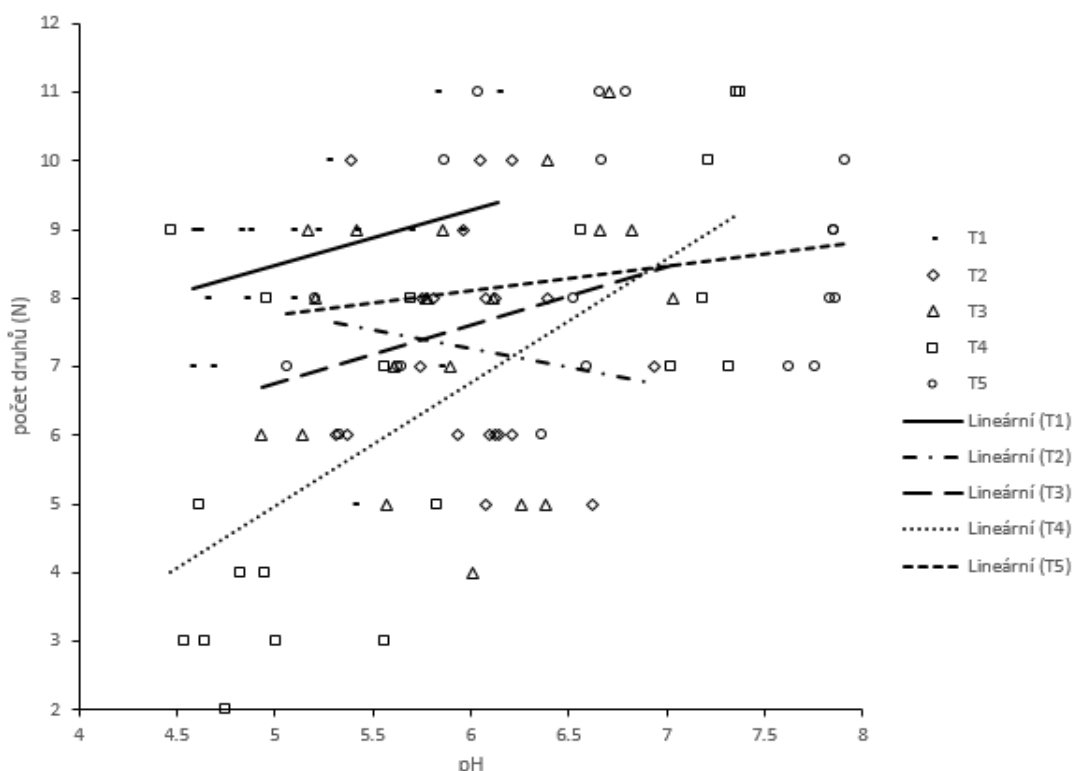
V JUICE jsem zjistila počet druhů a Shannonův index diverzity pro jednotlivé snímky. Pro zjištění vztahu diverzity (počet druhů, Shannonův index) a půdního pH (naměřené hodnoty), resp. bioindikace půdního pH (průměrné Ellenbergovy indikační hodnoty pro snímky) jsem využila program STATISTICA (Beranová 2008). V tomto programu jsem vytvořila korelační a box-plot grafy. Data z krabicových diagramů jsem analyzovala pomocí neparametrické varianty analýzy variance (Kruskal-Wallisův test), kde cílem bylo zjistit průkaznost rozdílů mezi skupinami ploch sdružených po 20 do pěti horizontálních transektů. Průkaznost vztahů mezi půdní aciditou a diverzitou vegetace byla zjišťována pomocí korelační analýzy.

## 6. Výsledky

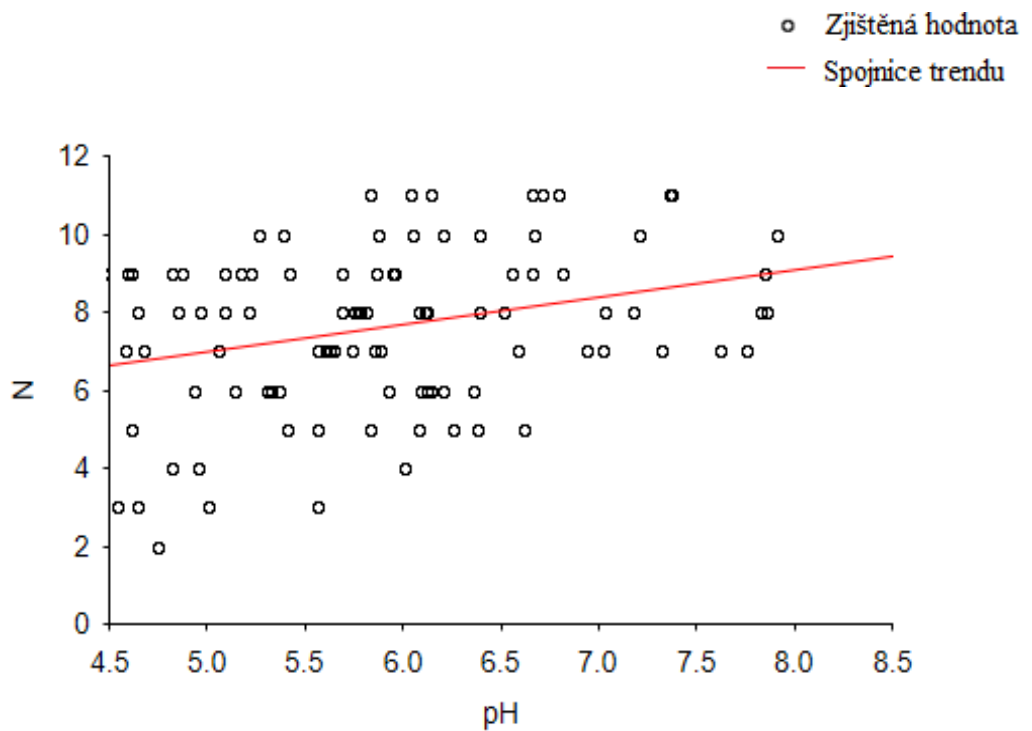
Na zkoumané lokalitě se nejnižší hodnota pH půdy rovnala 4,47 a nejvyšší hodnota pH půdy se rovnala 7,91. Na úpatí svahu bylo pH obecně vyšší než na jeho vrcholu (Přílohy, grafy 1–5). Celkový počet druhů na plochách byl 47, nejvíce druhů na snímku bylo 11, nejmenší počet druhů na snímku byl 2. Pro všechny snímky byl vypočítán Shannonův index diverzity, jehož nejmenší zjištěná hodnota byla 0,69 a nejvyšší 2,35.

### 6.1. Druhov $\acute{a}$ diverzita a pH půdy

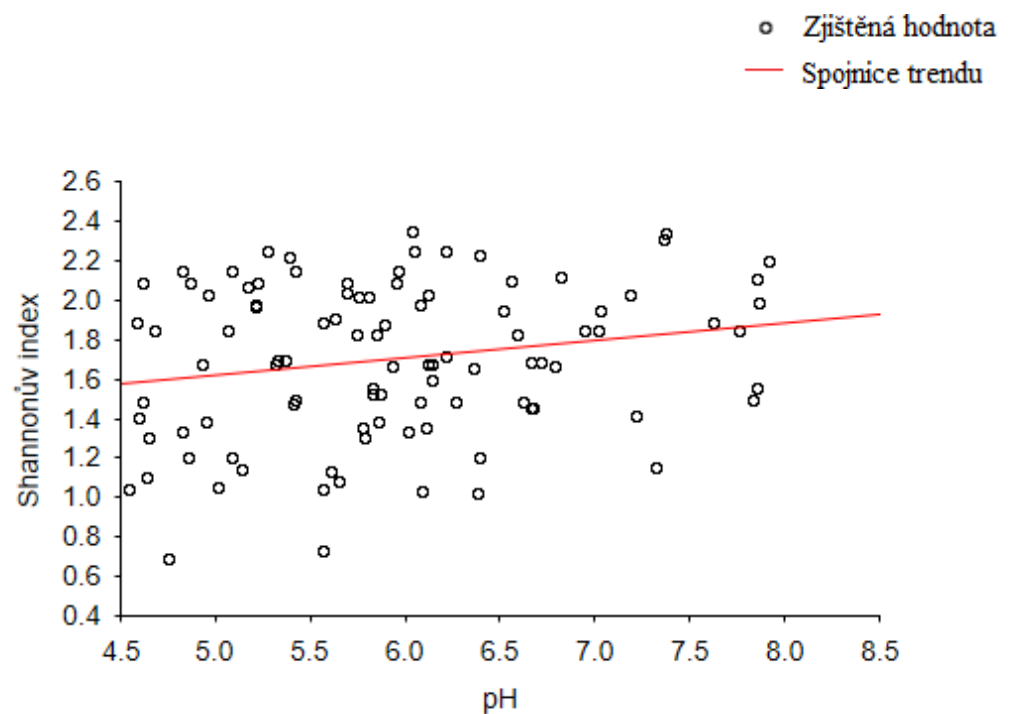
Korelační analýza vyšla signifikantně na hladině  $p = 0,05$  pro vztah mezi pH půdy a druhovou diverzitou pro všechny způsoby vyjádření (obr. 6–9). Při korelaci v rámci jednotlivých transektů byly korelace pro transekty 1, 3, 4 a 5 pozitivní, pro transekt 2 byla korelace negativní (obr. 5). Z výsledků je zřejmé, že existuje pozitivní závislost druhové bohatosti na pH.



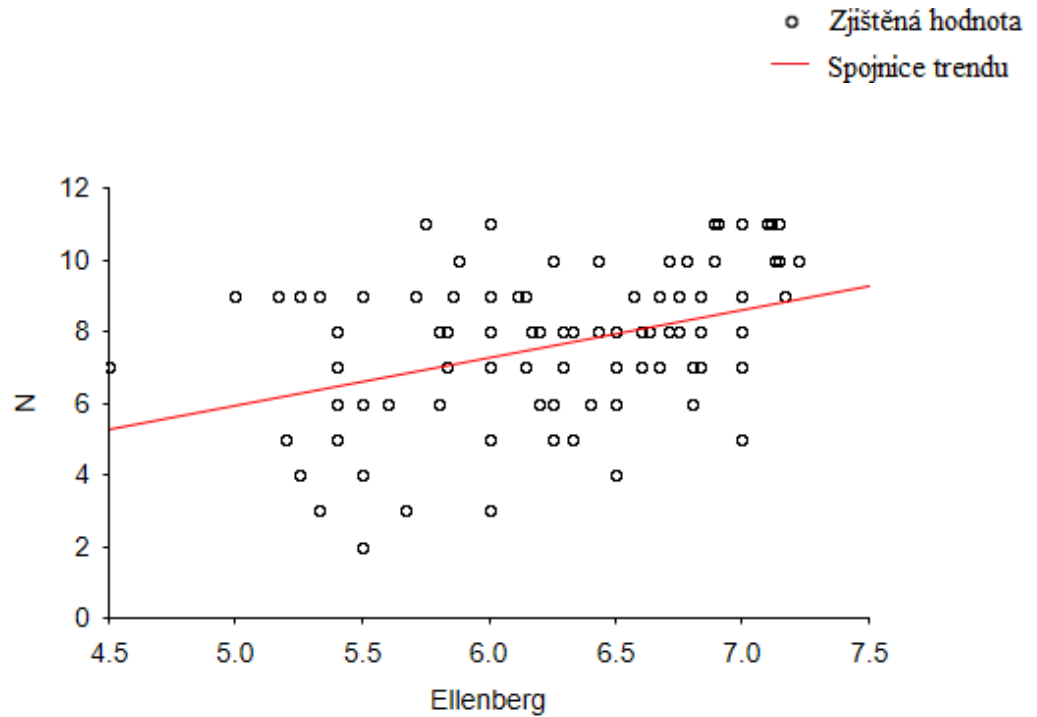
**Obr. 5** Korelace mezi měřeným pH půdy a počtem druhů na ploše s rozlišením na jednotlivé horizontální transekty. Pro T1 platí  $r = 0,297$ ; T2:  $r = -0,133$ ; T3:  $r = 0,275$ ; T4:  $r = 0,696$ ; T5:  $r = 0,215$  (pro všechny platí  $n = 20$ ,  $p < 0,05$ ).



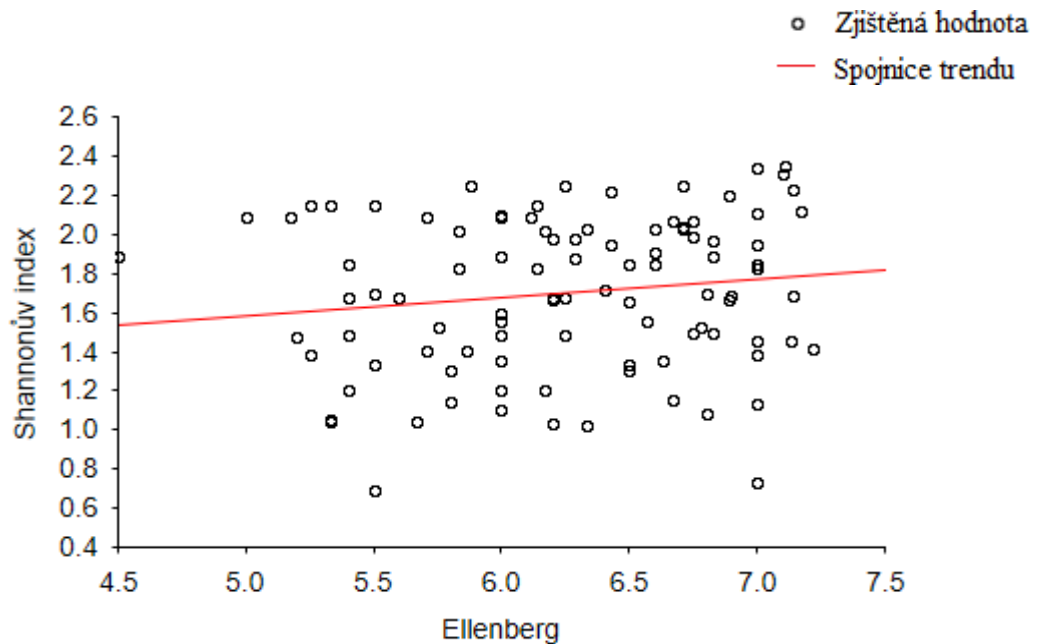
**Obr. 6** Korelace mezi druhovou diverzitou (vyjádřenou jako počet druhů na ploše) a měřeným pH půdy ( $r = 0,304$ ,  $n = 100$ ,  $p < 0,05$ ).



**Obr. 7** Korelace mezi druhovou diverzitou (vyjádřenou jako Shannonův index pro plochu) a měřeným pH půdy ( $r = 0,203$ ,  $n = 100$ ,  $p < 0,05$ ).



**Obr. 8** Korelace mezi druhovou diverzitou (vyjádřenou počtem druhů) a půdní aciditou vyjádřeným jako Ellenbergovy indikátory hodnot pro půdní reakci, ( $r = 0,392$ ,  $n = 100$ ,  $p < 0,05$ ).

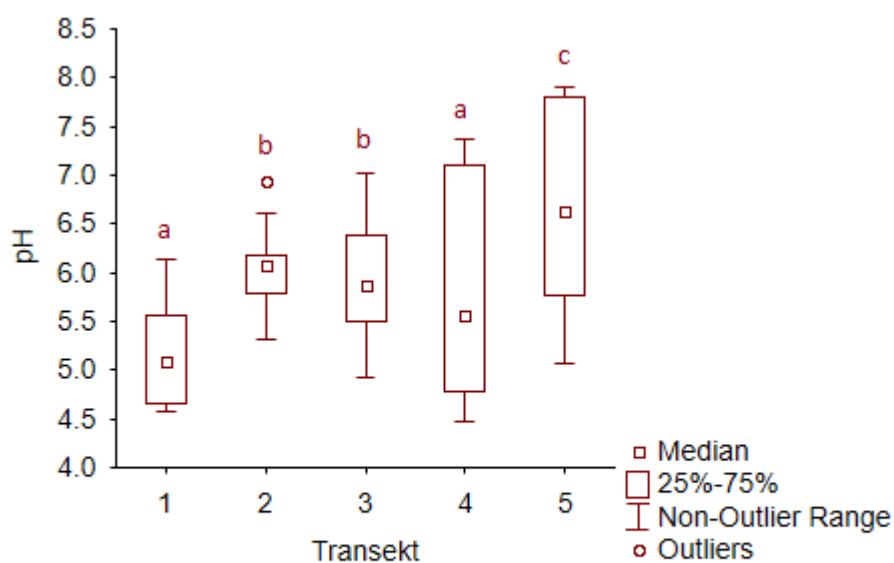


**Obr. 9** Korelace mezi druhovou diverzitou vyjádřenou Shannonovým indexem a půdní aciditou vyjádřeným jako Ellenbergovy indikátory hodnot pro půdní reakci, ( $r = 0,146$ ,  $n = 100$ ,  $p < 0,05$ ).



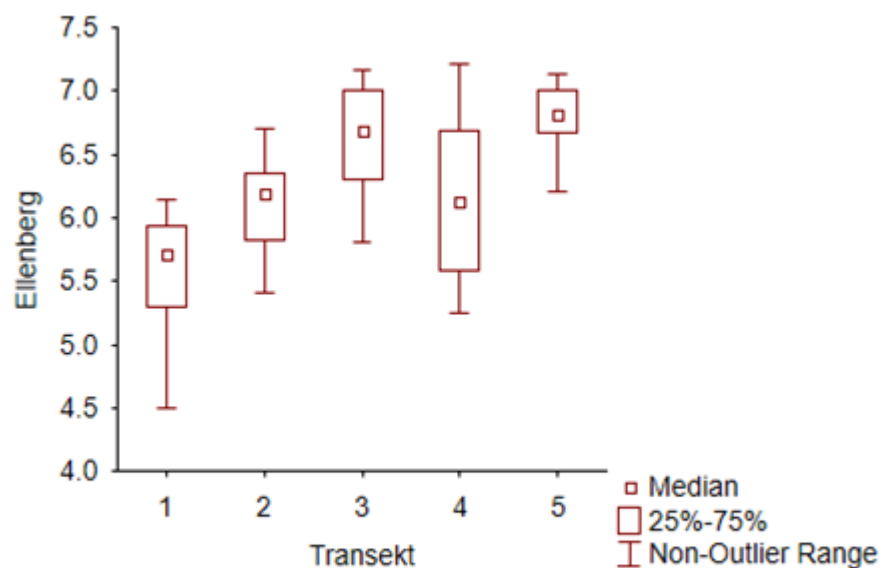
## 6.2. Rozdíly mezi horizontálními transektly

Na boxplotech je zřejmé, jak se mezi sebou jednotlivé transektly liší. Rozdíly mezi transektly byly testovány pro pH půdy (i pro hodnoty pH vyjádřené jako Ellenbergovy indikátory hodnot pro půdní reakci) a pro druhovou diverzitu (počet druhů i pro Shannonův index). Hodnota pH se významně lišila pro jednotlivé transektly ( $F = 27,468$ ,  $p = 0,001$ ) a post-hoc testy, které jsem následně provedla (Tukeyho, Scheffého) prokázaly, že se transekt 1 liší od transektů 2, 3 a 5, a transekt 4 liší od transektu 5 (obr. 10) na 5 % hladině významnosti.



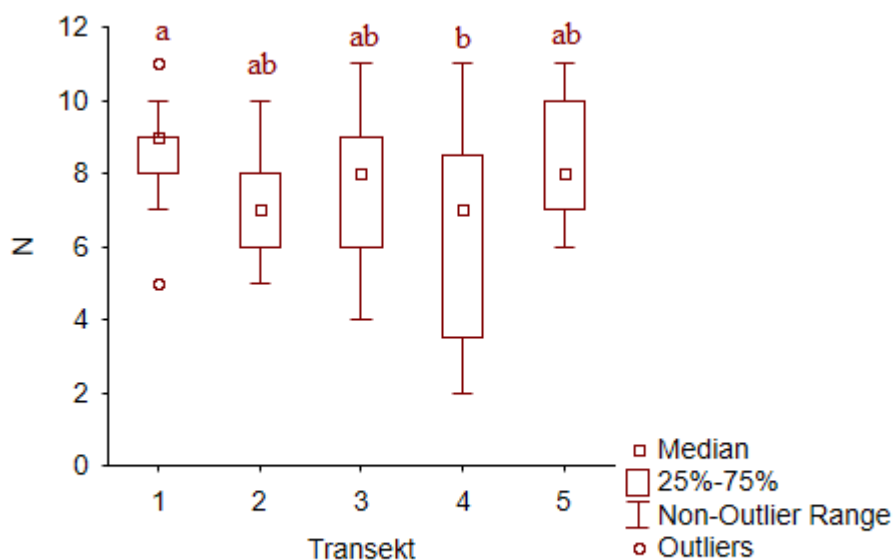
**Obr. 10** Průběh pH podíl svahového gradientu (Transekt 1 je nejvýše na svahu),  $F = 27,468$ ,  $p = 0,00002$ .

Pro půdní aciditu vyjádřenou Ellenbergovými indikátory hodnot vyšel Kruskal-Wallisův test významně (obr. 11), podle post-hoc testů se od sebe neliší transekt 2 a 4 a transekt 3 a 5.



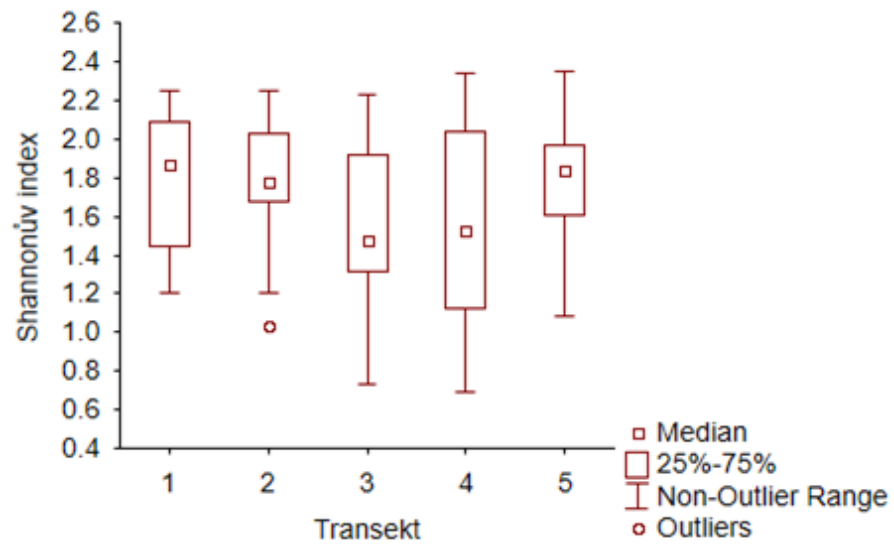
**Obr. 11** Acidita vyjádřená Ellenbergovými indikátory hodnot podél svahového gradientu (Transekt 1 je nejvýše na svahu),  $F = 52,047$ ,  $p = 0,00$ .

Rozdíly byly testovány také pro druhovou diverzitu, a to stejným způsobem. Počet druhů se signifikantně lišil mezi transektu ( $F = 12,206$ ,  $p = 0,016$ ). Post-hoc testy prokázaly, že od ostatních se lišily především transektu 1 a 4 (obr. 12).



**Obr. 12** Počet druhů podél svahového gradientu (Transekt 1 je nejvýše na svahu),  $F = 12,206$ ,  $p = 0,016$ .

Pro druhovou diverzitu vyjádřenou Shannonovým indexem nebyl rozdíl signifikantní (obr. 13) Post-hoc testy neprokázaly odlišnosti mezi transekty.



**Obr. 13** Počet druhů vyjádřených Shannonovým indexem podél svahového gradientu (Transekt 1 je nejvýše na svahu),  $F = 7,154$ ,  $p = 0,128$ .

## 7. Diskuze

Z výsledků je zřejmé, že existuje závislost druhové diverzity (ať už vyjádřené počtem druhů nebo Shannonovým indexem) na aciditě půdy (vyjádřené měřenou hodnotou pH nebo odvozeně pomocí Ellenbergových indikačních hodnot pro půdní aciditu). Pro celek byla korelace mezi pH půdy a počtem druhů pozitivní, stejně tak byla pozitivní pro všechny dílčí horizontální transekty, kromě jednoho. Analýza rozptylu prokázala, že transekty se mezi sebou do různé míry významně liší jak z hlediska pH půdy, tak z hlediska počtu druhů (ale nikoli Shannonova indexu).

Hypotéza tvrdící, že existuje pozitivní závislost mezi druhovou diverzitou a kyselostí půdy, nemohla být zamítnuta. Výsledky jsou tak v souladu s předchozími pracemi (Tyler 2003, Pärtel et al. 2004). Podle Tylera (2003) však nejsou výrazné rozdíly mezi půdami, u kterých je variabilita půdní reakce jen malá, což ale není případ mé studie.

Výsledky Chytrého et al. (2003) ukazují, že tento vztah není tak jednoznačný, pokud srovnáme různé typy vegetace. Pozitivní vztah podle nich platí pro listnaté lesy mírného pásu, platit může však i pro jehličnaté lesy. Negativní závislost pH a druhové bohatosti zjištěná u jednoho z pěti horizontálních transektů mohla být způsobena odebráním vzorků z krátkého gradientu, malým počtem ploch na transektu nebo kvůli působení jiných faktorů.

Pärtel (2002) ve své práci srovnal 84 studií z celého světa zabývajících se vztahem pH půdy a druhové bohatosti, z toho 51 studií prokázalo závislost pozitivní, z nichž 35 bylo významných ( $p < 0,05$ ). Další 30 studií prokázalo korelaci negativní (z nich deset bylo významných), 4 studie neprokázaly žádnou korelaci. Tyto vztahy nejspíše závisí na tom, zda je zkoumaná lokalita umístěna v evolučních centrech s vysokým nebo nízkým pH.

## 8. Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo zjistit, jaký je vztah mezi pH půdy a diverzitou bylinného podrostu opadavého lesa. Pro tento účel byla využita lokalita druhově bohaté teplomilné doubravy v blízkosti obce Němčičky na jižní Moravě, na které proběhl sběr dat podél svahového gradientu.

V teoretické části jsem se nejprve pokusila objasnit základní ekologické pojmy týkající se vztahů rostlin a faktorů prostředí. Vybraným faktorem bylo pH půdy, a proto jsem obecné zákonitosti týkající se všech faktorů prostředí vztáhla právě na tento konkrétní faktor. Dále jsem poukázala na procesy, které mohou pH půdy ovlivnit, jako je zeměpisná délka, nadmořská výška nebo historické a evoluční pochody. V další části jsem představila hypotézu zásoby druhů (neboli „species pool hypotézu“), dle které může být zásoba druhů určitého území ovlivněna právě hodnotou pH půdy. Na závěr teoretické části jsem nastínila metodu, poskytující odhad hodnot pH půdy pomocí Ellenbergových indikačních hodnot pro aciditu půdy.

V následující části jsem za pomoci Geoportálu INSPIRE stručně popsala lokalitu z vegetačního, biogeografického, geologického, pedologického a geomorfologického hlediska. S použitím uvedených metod terénního a laboratorního výzkumu a následných výpočtů jsem dospěla k podpoření hypotézy říkající, že druhová bohatost je určitým způsobem závislá na pH půdy, v našem případě byla závislost druhové bohatosti na pH půdy pozitivní a hodnoty pro jednotlivé transekty se od sebe signifikantně lišily.

Nicméně pH půdy není jediným faktorem ovlivňujícím výskyt a přežívání rostlin na stanovišti. Proto by mohlo být zajímavé zaměřit se v mé budoucí práci na další faktory ovlivňující vegetaci.

## 9. Didaktická část

V didaktické části jsem se rozhodla vytvořit pracovní list, jehož vyplnění je spojeno s exkurzí na lokalitu. Vybranou lokalitou je teplomilná doubrava v katastru obce Němčičky v Jihomoravském kraji.

Cílem exkurze je dle RVP objasnit žákovi základní ekologické vztahy, konkrétně u rostlin. Žák by měl být po absolvování exkurze schopen vysvětlit obecné ekologické vztahy, správně používat základní ekologické pojmy ukázat a být schopen vše ukázat na konkrétních příkladech.

## Pracovní list

### 1. Doplně:

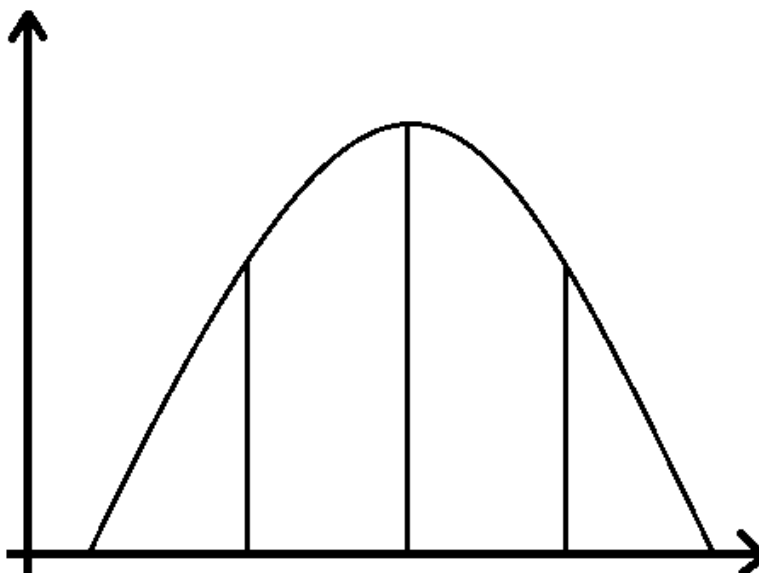
Ekologie je věda, která.....

### 2. Na organismy působí v přírodě různé faktory prostředí, doplň alespoň 3 příklady ke každému faktoru:

Biotické faktory.....

Abiotické faktory.....

### 3. Popiš graf ekologické tolerance:



### 4. Doplně slova do textu, pro každé volné pole je vždy správně jen jedno slovo:

Rozmezí podmínek, které jsou různé organismy schopné snášet se nazývá.....

Druhy, které mají toto rozmezí úzké se nazývají..... a jsou

bioindikátory prostředí. Druhy s širokým rozmezím se nazývají.....

a mají velké rozšíření a vysokou adaptibilitu.

### **5. Doplní příklady pro ekosystém lesa:**

Ekosystém	=	Biocenóza	+	Biotop
Soubor organismů v určitém prostředí		Zoocenóza		Fytocenóza

### **6. Vysvětlí pojmy a uved' u každého příklad:**

Acidofyty.....

Neutrofyty.....

Bazifyty.....

### **7. Práce ve skupině:**

Za domácí úkol vypracujte ve skupině po 3-4 žácích plakát velikosti A1 obsahující informaci o vámi vybraném ekosystému. Plakát bude obsahovat typické zástupce rostlin a živočichů, jaké abiotické podmínky v ekosystému převládají, jaké vztahy jsou populacemi (např. potravní vztahy), dále může obsahovat příklady ohrožených živočichů, různé zajímavosti apod.



## 10. Použitá literatura

- Balatka, B., Kalvoda, J. (2006). *Geomorfologické členění reliéfu Čech*. Kartografie, Praha.
- Begon, M., Harper, J. L., Townsend, C. R. (1997). *Ekologie: jedinci, populace a společenstva*. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc.
- Beranová P. (2008). *Stručný manuál k ovládní programu STATISTICA*. StatSoft CR, Praha.
- Culek, M. (1996). *Biogeografické členění České republiky*. Enigma, Praha.
- Dale, V. H., Beyeler, S. C. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological indicators*, 1(1), 3-10.
- Ellenberg, H., Weber, H. E., Dull, R., Werner, W., Paulissen, D. (1992). Environmental values from plants in East Europe. *Scripta Geobotanica*, 18, 1-258.
- Ellenberg, H. (1988). *Vegetation ecology of central Europe*. Cambridge University Press.
- Eriksson, O. (1993). The species-pool hypothesis and plant community diversity. *Oikos*, 68(2), 371-374.
- Ewald, J. (2003). The calcareous riddle: why are there so many calciphilous species in the Central European flora? *Folia Geobotanica*, 38(4), 357-366.
- Gough, L., Shaver, G. R., Carroll, J., Royer, D. L., Laundre, J. A. (2000). Vascular plant species richness in Alaskan arctic tundra: the importance of soil pH. *Journal of Ecology*, 88(1), 54-66.
- Grime, J. P. (2006). *Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties*. John Wiley & Sons.
- Hejný S., Slavík B., (Eds.) (1997). *Květena ČR, díl 1*, Academia, Praha.
- Hennekens, S. M., Schaminée, J. H. (2001). TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science*, 12(4), 589-591.
- Hill, M. O., Mountford, J. O., Roy, D. B., Bunce, R. G. H. (1999). *Ellenberg's indicator values for British plants. ECOFACT Volume 2 Technical Annex (Vol. 2)*. Institute of Terrestrial Ecology.
- Chytrý, M. (ed.). (2013). *Vegetace České republiky., Lesní a křovinná vegetace*. Academia, Praha.
- Chytrý, M., Tichý, L., Roleček, J. (2003). Local and regional patterns of species richness in Central European vegetation types along the pH/calcium gradient. *Folia Geobotanica*, 38(4), 429-442.

- Illyés, E., Chytrý, M., Botta-Dukát, Z., Jandt, U., Škodová, I., Janišová, M., Willner, W., Hájek, O. (2007). Semi-dry grasslands along a climatic gradient across Central Europe: Vegetation classification with validation. *Journal of Vegetation Science*, 18(6), 835-846.
- Kubát, K. (ed.) (2002). *Klíč ke květeně České republiky*. Academia, Praha.
- Lososová, Z., Chytrý, M., Cimalová, Š., Kropáč, Z., Otýpková, Z., Pyšek, P., Tichý, L. (2004). Weed vegetation of arable land in Central Europe: Gradients of diversity and species composition. *Journal of Vegetation Science*, 15(3), 415-422.
- Ložek, V. (2007). *Zrcadlo minulosti: česká a slovenská krajina v kvartéru*. Dokořán.
- Motavalli, P. P., Palm, C. A., Parton, W. J., Elliott, E. T., Frey, S. D. (1995). Soil pH and organic C dynamics in tropical forest soils: evidence from laboratory and simulation studies. *Soil Biology and Biochemistry*, 27(12), 1589-1599.
- Moravec, J. (1994). *Fytocenologie: nauka o vegetaci*. Academia, Praha.
- Němeček, J., Smolíková, L., & Kutílek, M. (1990). *Pedologie a paleopedologie*. Academia.
- Niemi, G. J., & McDonald, M. E. (2004). Application of ecological indicators. *Annual Review of Ecology and Evolution Systematics*, 35, 89-111.
- Pärtel, M. (2002). Local plant diversity patterns and evolutionary history at the regional scale. *Ecology*, 83(9), 2361-2366.
- Pärtel, M., Helm, A., Ingerpuu, N., Reier, Ü., Tuvi, E. L. (2004). Conservation of Northern European plant diversity: the correspondence with soil pH. *Biological Conservation*, 120(4), 525-531.
- Pärtel, M., Zobel, M., Zobel, K., van der Maarel, E. (1996). The species pool and its relation to species richness: evidence from Estonian plant communities. *Oikos*, 75(1), 111-117.
- Raimanová I. (2009). Příjem a využití různých forem dusíku u rostlin pšenice. Karlova univerzita.
- Schuster, B., Diekmann, M. (2003). Changes in species density along the soil pH gradient—evidence from German plant communities. *Folia Geobotanica*, 38(4), 367-379.
- Slavíková, J. (1986). *Ekologie rostlin*. Státní pedagogické nakladatelství.
- Šantrůčková, H. (2001). Ekologie půdy. *Biologická fakulta JČU, České Budějovice, 1*.
- Šarapatka, B. (2014). *Pedologie a ochrana půdy*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Tichý, L. (2002). JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, 13(3), 451-453.
- Tolasz, R., Míková, T., Valeriánová, A., Voženílek, V. (2007). Atlas podnebí Česka. Prague: ČHMÚ, UPOL.

Townsend, C. R., Begon, M., Harper, J. L. (2010). *Základy ekologie*. Univerzita Palackého.

Tyler, G. (2003). Some ecophysiological and historical approaches to species richness and calcicole/calcifuge behaviour—contribution to a debate. *Folia Geobotanica*, 38(4), 419-428.

Tůma J., Klauďyová L. (2008). Vyplavování živin z půdy průsakovými vodami v oblasti Seče. Univerzita Hradec Králové.

## **Přílohy**

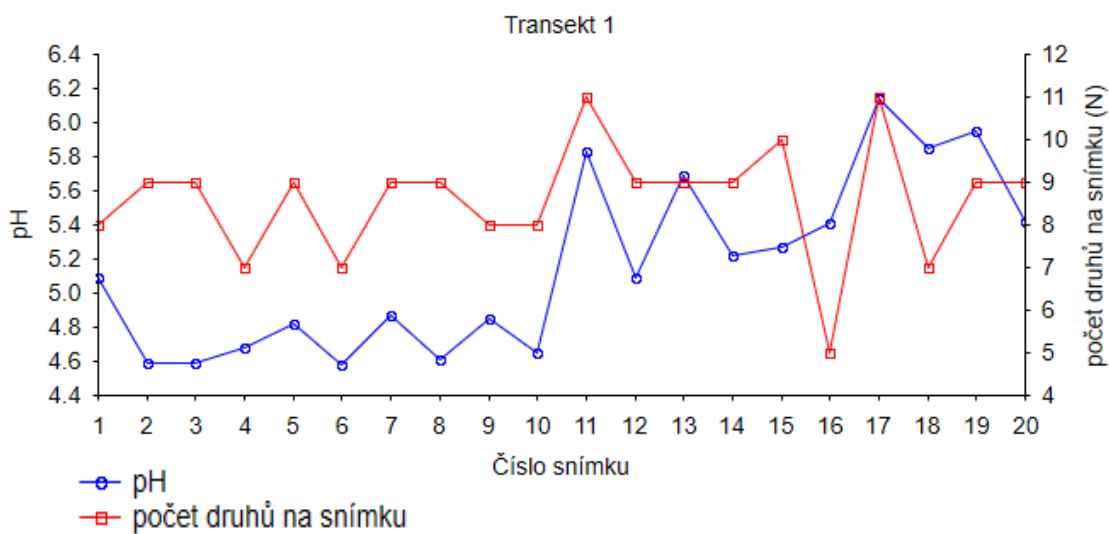
Příloha 1: Graf zobrazující hodnoty pH půdy a počtu druhů pro jednotlivé transekty – graf 1

Příloha 2: Graf zobrazující hodnoty pH půdy a počtu druhů pro jednotlivé transekty – graf 2

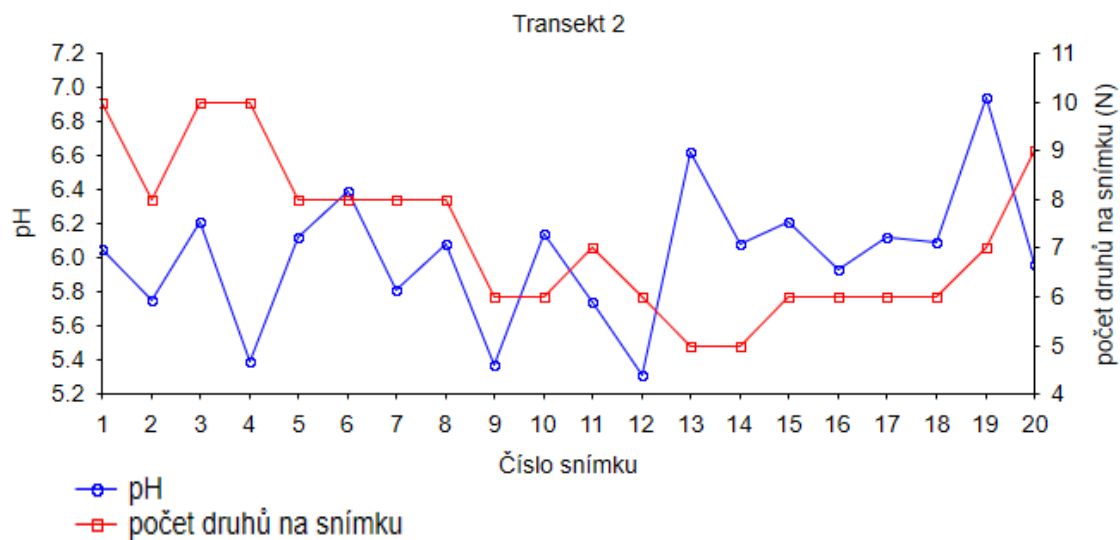
Příloha 3: Graf zobrazující hodnoty pH půdy a počtu druhů pro jednotlivé transekty – graf 3

Příloha 4: Graf zobrazující hodnoty pH půdy a počtu druhů pro jednotlivé transekty – graf 4

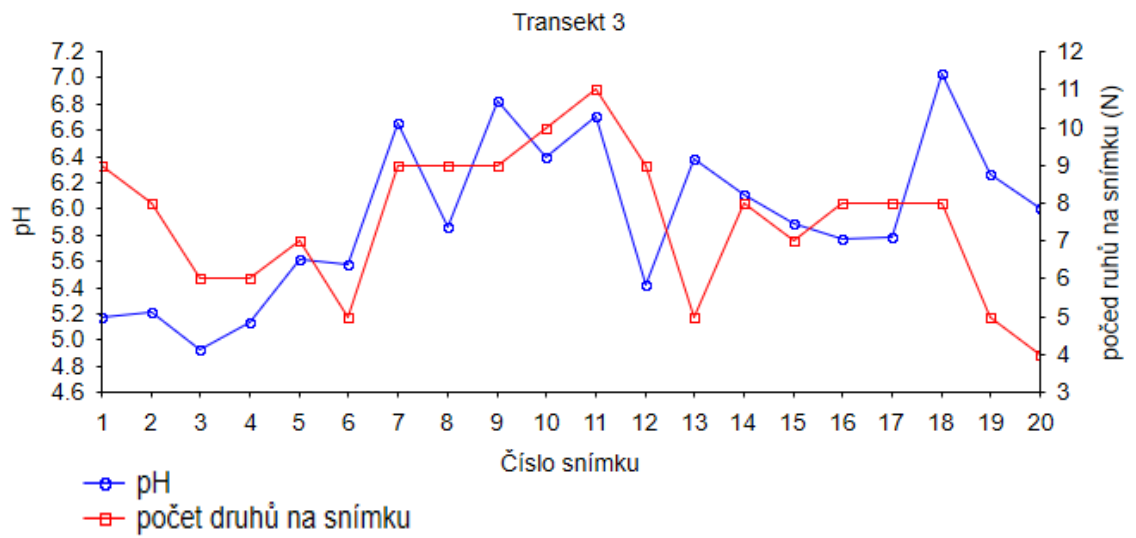
Příloha 5: Graf zobrazující hodnoty pH půdy a počtu druhů pro jednotlivé transekty – graf 5



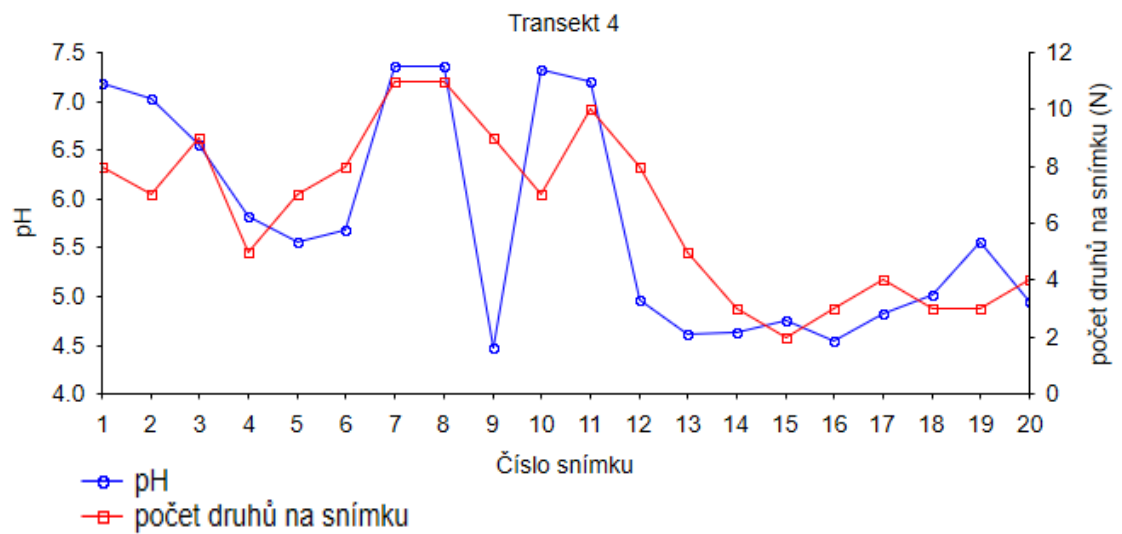
**Graf 1** Hodnota pH půdy a počet druhů pro jednotlivé snímky.



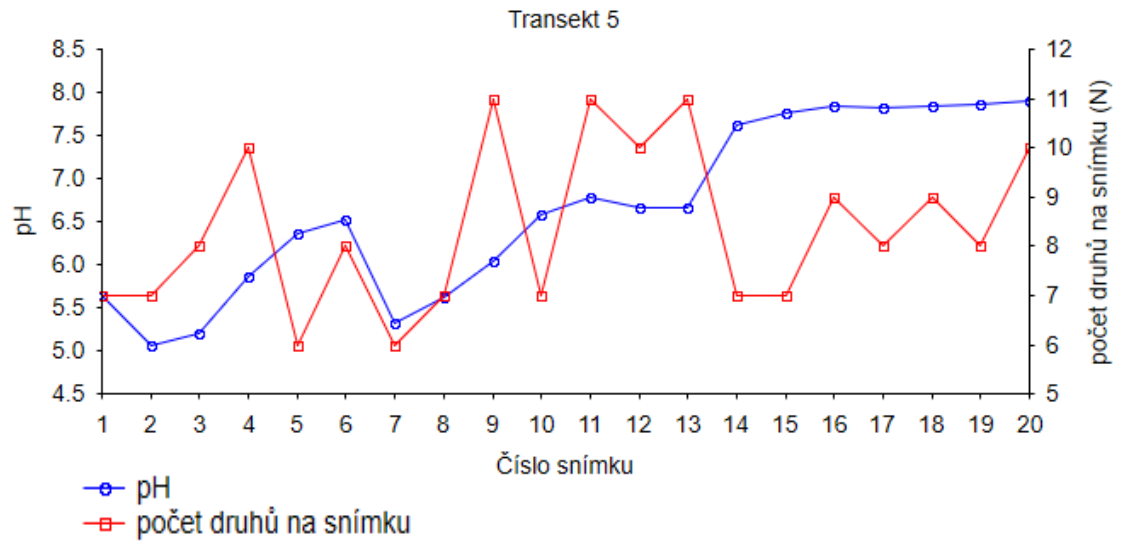
**Graf 2** Hodnota pH půdy a počet druhů pro jednotlivé snímky.



**Graf 3** Hodnota pH půdy a počet druhů pro jednotlivé snímky.



**Graf 4** Hodnota pH půdy a počet druhů pro jednotlivé snímky.



**Graf 5** Hodnota pH půdy a počet druhů pro jednotlivé snímky.