

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace
Studijní obor: Biologie a ochrana zájmových organismů
Katedra: Katedra biologických disciplín
Vedoucí katedry: doc. RNDr. Ing. Josef Rajchard, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Využití obrazové analýzy při monitoringu kriticky ohroženého
druhu *Spiranthes spiralis*

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zuzana Balounová, Ph.D.
Konzultanti bakalářské práce: RNDr. Jiří Brabec
RNDr. Jana Jersáková, Ph.D.

Autor: Zdeněk Ipser

České Budějovice, 2010

Prohlášení:

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 14. dubna 2010

.....
Zdeněk Ipser

Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval RNDr. Jiřímu Brabcovi, Mgr. Jaroslavě Nesvadbové, Ing. Lence Pivoňkové a dalším členům, kteří se na monitoringu kriticky ohroženého druhu *S. spiralis* každoročně podílejí, za poskytnutí dat z desetiletého pozorování. Na základě těchto záznamů vznikla tato bakalářská práce.

RNDr. Jiřímu Brabcovi patří poděkování za poskytnutí studijních materiálů a řady informací z vlastního pozorování, o které se rád podělil. Rovněž mu děkuji za hodnotné připomínky a přínosné poznatky týkající se této práce.

Ing. Zuzaně Balounové, Ph.D. děkuji za odborné vedení bakalářské práce a za poskytnutí studijních materiálů. RNDr. Janě Jersákové, Ph.D. děkuji za pomoc při statistickém vyhodnocování dat a za řadu přínosných poznámek týkající se této práce. Dále bych chtěl poděkovat RNDr. Jiřímu Nedomovi, CSc., který mi umožnil zpracovat veškerý fotografický materiál. V neposlední řadě děkuji rodině za podporu v průběhu celého studia.

Abstrakt

U populace kriticky ohroženého druhu *Spiranthes spiralis* na lokalitě NPP Pastviště U Fínů v Albrechticích u Sušice, nalezené v roce 1980, byl od roku 1985 pravidelně sledován počet kvetoucích exemplářů. Od podzimu 1998 byly přímo označovány a biometricky měřeny všechny nalezené exempláře. Během doby sledování (12, resp. 25 let) byly zaznamenány velké fluktuace v počtu kvetoucích exemplářů v jednotlivých letech i v meziročním přežívání jednotlivých růžic. Cílem práce bylo pomocí obrazové analýzy a biometrických dat zkonstruovat tzv. index zastínění a ověřit možnost jeho využití k vysvětlení některých jevů v populační dynamice rostlin. Následně byla testována hypotéza, že základní proměnou, která určuje životaschopnost rostliny (tj. přežití, kvetení, vegetativní rozmnožování apod.), je míra zastínění okolní vegetací, vyjádřená pomocí výše uvedeného indexu. Bylo zjištěno, že vliv míry zastínění listových růžic na kvetení je zanedbatelný nebo „překrytý“ jinými faktory (např. průběhem počasí v sezóně apod.). Pravděpodobnost kvetení, počet květů a výška květonosné lodyhy je ovlivněna velikostí listové plochy. Práce se dále zabývá energetickou náročností kvetení a dynamikou přežívání (od roku 1998) a kvetení (od roku 1986) studovaného druhu.

Klíčová slova: NPP Pastviště U Fínů, *Spiranthes spiralis*, zastínění, životaschopnost, růžice, kvetení.

Abstract

A population of an endangered orchid species *Spiranthes spiralis* was discovered in 1980 in the National natural monument Pastviště u Fínů in village Albrechtice, near Sušice. Since 1985 the number of flowering individuals of this population has been regularly monitored. Since autumn 1998 all the specimen found there have been marked and biometrically measured. Since the beginning of monitoring, big fluctuations in the number of flowering specimens or in survival of the individual plant rosettes have been observed among the years. The aim of this thesis was to design the so called index of shading and to verify the possibility of its use to explain some phenomena of plant population dynamics. The index was designed with image analysis and biometric data. The hypothesis has been tested, that the basic variable determining the plant's fitness (survival, flowering, vegetative propagation etc.) is the rate of shading by neighboring vegetation (expressed with the index of shading). It has been found that the effect of shading on flowering is not significant or hidden by other factors (such as the course of the weather in the season etc.). The size of the leaf area affects the probability of flowering, number of blooms and height of the inflorescence stem. My thesis also focused on costs of flowering, survival probability (since 1998) and flowering dynamics (since 1986).

Key words: Pastviště U Fínů, *Spiranthes spiralis*, shading, fitness, rosette, flowering.

OBSAH:

1. ÚVOD	9
2. CÍLE PRÁCE	11
3. LITERÁRNÍ PŘEHLED	12
3.1 Charakteristika čeledi <i>Orchidaceae</i>	12
3.1.1 Morfologie	12
3.1.2 Ontogeneze	13
3.1.3 Rozmnožování	14
3.1.4 Mykorhiza	15
3.2 Charakteristika zkoumaného druhu <i>Spiranthes spiralis</i> (L.) Chevall.	15
3.2.1 Zařazení	15
3.2.2 Morfologie	16
3.2.3 Fenologický cyklus	17
3.2.4 Rozmnožování	18
3.2.5 Rozšíření	19
3.2.6 Stanoviště	21
3.2.7 Management	21
3.2.8 Vliv zastínění	22
4. METODIKA	24
4.1 NPP Pastviště u Fínů	24
4.1.1 Charakteristika studované lokality	24
4.1.2 Základní fyzicko-geografické údaje	24
4.1.3 Přehled zjištěných biotopů	25
4.1.4 Vzácné druhy organismů	25
4.1.5 Vývoj území z historického hlediska	26
4.1.6 Historický vývoj lokality po vyhlášení CHPV	26
4.1.7 Populace <i>Spiranthes spiralis</i>	27
4.1.8 Současná ochranná opatření	27
4.2 Sběr terénních dat	28
4.2.1 Zaměřování růžic	28
4.2.2 Naměřená biometrická data	28
4.2.3 Fotografování pozic výskytu (genet)	29
4.3 Zpracování dat	29

4.3.1	Obrazová analýza.....	30
4.3.2	Skutečná velikost listové plochy	30
4.3.3	Konstanta $2/3$	30
4.3.4	Výpočet indexu zastínění	31
4.4	Statistické hodnocení.....	32
4.5	Dynamika přežívání a kvetení druhu <i>Spiranthes spiralis</i>	33
4.6	Použité materiály	33
4.7	Seznam použitých zkratk	33
5.	VÝSLEDKY	35
5.1	Zhodnocení metodiky	35
5.2	Vlastní výsledky.....	35
5.2.1	Vliv velikosti listové plochy na kvetení rostlin	35
5.2.2	Závislost výšky květního stvolu a počtu květů na velikosti měřené listové plochy	36
5.2.3	Závislost počtu květů na výšce květního stvolu	36
5.3	Vliv zastínění rostlin vegetací a velikosti jejich asimilační plochy na přežívání (fitness)	37
5.3.1	Vliv velikosti listové plochy na jaře roku t na stav rostlin na podzim roku t	37
5.3.2	Porovnání velikosti měřené a analyzované listové plochy, zjištěné na jaře, se stavem rostlin na podzim téhož roku pro každý jednotlivý rok.....	39
5.4	Energetická náročnost kvetení	50
6.	DYNAMIKA PŘEŽÍVÁNÍ A KVETENÍ <i>S. SPIRALIS</i>	51
7.	DISKUSE	55
8.	ZÁVĚRY	60
9.	SEZNAM LITERATURY	61
10.	PŘÍLOHY	64

1. ÚVOD

Čeď vstavačovitě (*Orchidaceae*) patří mezi nejpočetnější čeledi rostlin na světě. Velké množství druhů z této čeledi je však do různé míry ohroženo vyhynutím. V přílohách mezinárodní úmluvy CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) se vyskytují všechny druhy vstavačovitých rostlin. Vyjmenované druhy spadají do přílohy I (v EU do kategorie A) ostatní druhy jsou v příloze II (v EU spadají do kategorie A nebo B). Výjimku v této čeledi tvoří hybridí rodu *Phalaenopsis*, kteří pod ochranu úmluvy CITES nespádají.

Většina našich vstavačovitých rostlin, kterých je okolo 60 druhů (KUBÁT et al., 2002), je chráněna zákonem č.114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny, resp. vyhláškou č. 395/1992 Sb., kde je v příloze II uveden seznam zvláště chráněných rostlin. Z toho je nejvíce zástupců v kategoriích kriticky a silně ohrožených druhů. Ve vyhlášce nejsou vyjmenovány taxony, které buď nejsou považovány za vzácné, nebo nebyly v době její tvorby z území ČR známy (nově popsané či nově nalezené taxony).

Základním předpokladem pro účinnou ochranu vzácných druhů organismů je mít o nich co nejucelenější znalosti týkající se biologie, fyziologie, ekologie, fenologie, rozmnožování a vůbec celé populační dynamiky. Na základě těchto znalostí lze pro vybrané druhy vytvořit vhodný management zabezpečující jejich budoucí přežití.

Tato práce se pokouší objasnit řadu faktorů, jež by mohly mít vliv na přežívání kriticky ohroženého druhu *Spiranthes spiralis* (švihlík krutiklas) na lokalitě Pastviště U Fínů v Albrechticích u Sušice. Na dlouhodobém monitoringu území NPP Pastviště U Fínů, ke kterému jsem se přidal v roce 2008, se podílí řada lidí pod vedením J. Nesvadbové (Západočeské muzeum v Plzni) a J. Brabce (Muzeum Cheb). Z tohoto monitoringu vzešla také již řada prací (například: NESVADBOVÁ et al., 1987; NESVADBOVÁ et al., 2003; BRABEC et al., 2004). Kompletně nezpracovány však zůstávaly podrobné údaje o velikosti listových růžic (rozměry listů) a sady kolmo nafotografovaných listových růžic s měřítkem. Zpracování a interpretace těchto dat byla hlavním cílem předkládané bakalářské práce.

Protože jsem však měl k dispozici i záznamy o počtu kvetoucích exemplářů v posledních 25 letech a podrobné údaje o jednotlivých rostlinách z posledních 10 let, rozhodl jsem se nakonec rozsah práce rozšířit. Stanovil jsem si další cíle a pokusil se využít poskytnutého souboru biometrických dat k odvození závislosti kvetení a jeho energetické náročnosti na dosažené velikosti listové plochy jednotlivých rostlin a zhodnotit dosavadní vývoj populační dynamiky sledované populace. Doufám, že tato práce přispěje k prohloubení znalostí o této vzácné rostlině a napomůže tak její ochraně.

2. CÍLE PRÁCE:

- vypracovat metodiku umožňující za pomoci obrazové analýzy, fotodokumentace a biometrických dat zkonstruovat tzv. index zastínění
- ověřit možnost využití indexu zastínění při studiu populační dynamiky druhu *Spiranthes spiralis*
- popsat závislost kvetení, počtu květů a výšky květonosného stvolu na velikosti listové plochy
- zhodnotit energetickou náročnost kvetení na základě rozdílu velikosti listových ploch mezi sterilními a kvetoucími růžicemi
- stručně zhodnotit dosavadní vývoj populační dynamiky sledovaného druhu

3. LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Charakteristika čeledi *Orchidaceae*

Na základě toho, že si jsou některé druhy velice podobné a že jim často chybějí reprodukční bariéry (dochází ke křížení nejen mezi různými druhy stejného rodu, ale i mezi druhy příbuzných rodů) byly vstavačovité (*Orchidaceae*) pokládány za mladou čeleď jednoděložných rostlin. Vznik orchidejí byl většinou zařazován do období starších třetihor, před šedesáti miliony let. Tehdy však Jižní Amerika byla již dávno oddělena od pracontinentu, proto musely orchideje vzniknout dříve, asi v období středních druhohor, před sto až sto padesáti miliony let. Za prvotní vývojové centrum všech orchidejí se považuje tropická jihovýchodní Asie. (POTŮČEK et ČAČKO, 1996). Teorie vzniku čeledi vstavačovitých již v druhohorách je stále aktuální (viz např. RAMÍREZ et al., 2007).

Největší množství orchidejí roste v tropických a subtropických oblastech Ameriky, Asie, Afriky a Austrálie. Těžištěm výskytu jsou americké a asijské tropy, kde roste více než tři čtvrtiny známých druhů orchidejí. Druhové bohatství klesá od rovníku k pólům, přesto nalezneme některé druhy i za polárním kruhem (PRŮŠA, 2005).

V rámci rostlinné říše je čeleď vstavačovitých považována za jednu ze tří největších čeledí cévnatých rostlin (vedle *Asteraceae* a *Poaceae*). Podle různých odborníků na taxonomii zahrnuje tato čeleď 25 000 až 35 000, v přírodě se vyskytujících druhů (DRESSLER, 1993; NASH et LA CROIX, 2007).

Orchideje lze rozdělit do tří skupin – na terestrické, epifytické a litofytické. Terestrické druhy rostou v zemi. Epifytické druhy orchidejí rostou na jiných rostlinách, které jim slouží pouze jako podklad (PROCHÁZKA et VELÍSEK, 1983). Litofytické druhy rostou na kamenech, pravděpodobně se jedná o sekundární přizpůsobení původně epifytických druhů (NASH et LA CROIX, 2007). V České republice bylo dosud zaznamenáno 70 druhů a poddruhů terestrických orchidejí (PRŮŠA, 2005).

3.1.1 Morfologie

Orchideje jsou většinou lysé byliny. Vyznačují se mnohotvárností ve stavbě jak vegetativních, tak generativních orgánů (PROCHÁZKA et VELÍSEK, 1983).

Podzemní orgány evropských orchidejí lze rozdělit do několika skupin: kořenové hlízy, pahlízy, oddenky a další specifické orgány. Kořenové hlízy bývají různých tvarů, od kulovitých až po dlanitě rozdělené hlízy u pětiprstek. Některé druhy mohou mít i větší počet hlíz. Pahlízy vznikají ztloustnutím stonkového článku se zakrnělým vrcholem (PRŮŠA, 2005).

Zatímco epifyty mohou mít lodyhy popínavé, šplhavé či plazivé, někdy článkované, terestrické druhy mají lodyhy vždy vzpřímené, většinou rovné, po celé délce stejně silné (PROCHÁZKA et VELÍSEK, 1983).

U evropských druhů orchidejí jsou listy vždy celokrajné, nejčastěji plně vyvinuté, čárkovité, kopinaté, obvejčité až vejčité, zpravidla jen s podélnou žilnatinou, alespoň dolní většinou pochvaté. Cizokrajné druhy mohou mít listy tuhé, kožovité a víceleté, naše druhy mají listy zpravidla jednoleté (PROCHÁZKA et VELÍSEK, 1983).

Téměř vždy jsou květy souměrné podle jedné osy (zygomorfni) a až na výjimky jsou oboupohlavné (monoklinické) (PROCHÁZKA et VELÍSEK, 1983). Okvětí je tvořeno šesticí lístků, které jsou uspořádány ve dvou kruzích. U naprosté většiny druhů se jeden lístek odlišuje, tvoří pysk (labellum) (PRŮŠA, 2005). Přestože je pysk původně v poupatech horním prostředním okvětním lístkem, v otevřených květech je zpravidla v dolní části květu. V době rozkvětu dochází k tzv. resupinaci, což je otáčení květu zkroucením celého semeníku nebo jeho spodní části o 180° (PROCHÁZKA et VELÍSEK, 1983). Pysk může být na spodu trubkovitě srostlý do podoby ostruhy (DYKYJOVÁ, 2003). Z původního počtu 6 tyčinek zůstaly zachovány pouze jedna až dvě tyčinky, nejčastěji jen jedna. Tyčinka nebo tyčinky srůstají se čnělkou a bliznou v útvar nazývaný sloupek (gynostemium) (PROCHÁZKA et VELÍSEK, 1983).

Plodem orchidejí bývá nejčastěji tří- až šestichlopňová tobolka. Semena jsou malá, mají špatně smáčitelné osemení, obsahují nedokonale vyvinuté bezděložné embryo a jsou bez endospermu (nemají skoro žádné zásobní látky) (PRŮŠA, 2005).

3.1.2 Ontogeneze

Ontogeneze neboli vývoj individua od oplodnění do dospělosti nebo do okamžiku biologické smrti trvá u většiny orchidejí dlouhou dobu. Jen doba od

vyklíčení do prvního kvetení rostliny se u evropských orchidejí pohybuje od 5 do 15 let (PRŮŠA, 2005).

Vstavačovitě rostliny produkují velké množství drobných semen. U evropských druhů se počet semen v jedné tobolce udává řádově v tisících. Některé tropické druhy mohou mít v jedné tobolce až miliony semen (ARDITTI et GHANI, 2000).

V dřívějších dobách se předpokládalo, že k zahájení klíčení dojde jen v přítomnosti odpovídajících druhů hub. Semena orchidejí však začnou klíčit ve vhodných podmínkách vždy a až po započetí vývojových procesů musí dojít k houbové infekci a vzniku mykorhizy. V této heterotrofní fázi je mykorhiza nenahraditelná (PROCHÁZKA et VELÍSEK, 1983).

3.1.3 Rozmnožování

Vstavačovitě rostliny se mohou rozmnožovat dvěma způsoby – pohlavně (semeny) a nepohlavně (vegetativně). Všechny evropské druhy orchidejí jsou velice dobře vybaveny ke generativnímu rozmnožování (PRŮŠA, 2005). Vzhledem ke složité květní ekologii cizosprašných druhů a také vzhledem k velmi komplikovanému ontogenetickému vývoji, především v počátečních stádiích, vznikla u řady druhů schopnost vegetativního rozmnožování. U některých druhů je dokonce rozšířenějším typem právě vegetativní rozmnožování (PROCHÁZKA et VELÍSEK, 1983). Mnohdy však také záleží na ovlivnění vnějšími vlivy, ke kterému způsobu rozmnožování se rostlina uchýlí. Generativní rozmnožování se více uplatňuje při osidlování nových lokalit, nejvíce v takových místech kde došlo k narušení vegetačního krytu (PRŮŠA, 2005).

K nejčastějším způsobům opylení patří přenos pylu blanokřídlým hmyzem či motýly. Většina druhů je opylována více druhy opylovačů, byť se často jedná o příbuzné druhy či skupiny hmyzu. Čím je druh specializovanější, tím je tvorba semen problematictější. Některé druhy jsou dokonce schopny fakultativního samosprašení v případě, že pyl nebyl vyjmut (JERSÁKOVÁ et KINDLMANN, 2004).

3.1.4 Mykorrhiza

Mykorrhiza je soužití houbového mycelia s podzemními orgány vyšších rostlin (PROCHÁZKA et VELÍSEK, 1983). Odhaduje se, že v nějakém mykorrhizním soužití žije okolo 80–95 % všech cévnatých rostlin. Rostliny netvořící mykorrhizu jsou především druhy vodní, mokřadní a ruderalní (PRŮŠA, 2005). Existují dva typy mykorrhizy. Ektotrofní mykorrhiza, při které houbová vlákna vytvářejí plášť na povrchu kořenů, běžná u mnoha rostlin. U vstavačovitých rostlin se však vyskytuje jiný typ, označovaný jako endotrofní mykorrhiza. Houbové hyfy při ní pronikají přes pokožku až do nitra kořenů, kde se usazují v tzv. hostitelských buňkách (PROCHÁZKA et VELÍSEK, 1983).

K počátečnímu rozrůstání podhoubí v kořenech dochází na úkor zásobních látek (glycidů, bílkovin, aminokyselin) hostitelské rostliny. Pak začne houbový endofyt hromadit vlastní zásobní látky (glycidy, dusíkaté sloučeniny), přijímané z půdního humusu prostřednictvím vláken, které z kořenů vybíhají do půdy. Poté je zahájena parazitická činnost orchideje, která začne rozpouštět houbové hyfy a získává tak zpět nejen své vlastní látky, ale i veškeré metabolity houbového endofyta (PROCHÁZKA et VELÍSEK, 1983).

Podle závislosti na mykorrhizním soužití v průběhu ontogenetického vývoje lze orchideje rozdělit do tří skupin: plně mykotrofní nezelené orchideje (např. hlístník hnízdák), zelené orchideje lesních stanovišť závislé na mykorrhize po celou dobu ontogeneze (např. kruštíky a okrotice) a zelené orchideje otevřených stanovišť, závislé na mykorrhize jen v časných stádiích ontogeneze (např. střevíčník pantoflíček). Všechny orchideje jsou závislé na mykotrofii v době klíčení a časných fázích ontogeneze (PRŮŠA, 2005).

3.2 Charakteristika zkoumaného druhu *Spiranthes spiralis* (L.) Chevall.

3.2.1 Zařazení (DRESSLER, 1993)

- Čeleď: *Orchidaceae*
- Podčeleď: *Orchidoideae*
- Tribus: *Cranichideae*
- Subtribus: *Spiranthinae*
- Rod: *Spiranthes* Rich.
- Druh: *Spiranthes spiralis* (L.) Chevall. (švihlík krutiklas)

3.2.2 Morfologie

Spiranthes spiralis je vytrvalá, vzpřímená, bledě sivozelená rostlina (viz obr. 1), vysoká 7–25 (–35) cm. Hlízy jsou nejčastěji dvě (někdy jedna nebo tři), jsou řepovité a tupě špičaté. Lodyha je tenká, vzpřímená nebo někdy zprohýbaná, modrozelená, řídce šupinatá, nahoře žláznatě pýřitá. Listy přízemní růžice jsou vejčité kopinaté, zúžené v široký řapík a mají modravě sivozelenou barvu (PRŮŠA, 2005). Listové růžice mají obvykle 2–6 listů, které jsou 3–4 cm dlouhé a 0,5–1,5 cm široké (WILLEMS et DORLAND, 2000). Lodyžní listy jsou šupinatě pochvaté. Květenství je husté, úzké, dosahuje délky až 10 cm, je jednostranné, spirálovitě stočené a nese 10–20 (–30) květů (viz obr. 2). Listeny jsou vejčité kopinaté, žláznatě pýřité delší než semeník. Semeník je světle zelený, mírně stočený, žláznatě pýřitý, má délku 2–3 mm. Květy jsou malé, nenápadné, bílé nebo zelenavě bělavé. Zevní okvětní lístky jsou vejčité kopinaté, tupé, zvenku žláznatě pýřité, mají délku 3–4 mm. Vnitřní jsou o něco menší, lysé, jazykovité. Všechny dohromady jsou k sobě víceméně zvonkovitě skloněné. Pysk bez ostruhy je podlouhlý, opakvejčitý, bílý se zeleným středem, má zvlněné okraje a je přibližně stejně dlouhý jako ostatní okvětní lístky. Sloupek je krátký, vysoký jen 1 mm, brylky jsou žlutavě bílé. Plodem jsou podlouhlé vejčité zelené tobolky, které obsahují velké množství semen. Počet chromozomů $2n = 30$ (PRŮŠA, 2005).

Obr. 1: *Spiranthes spiralis*



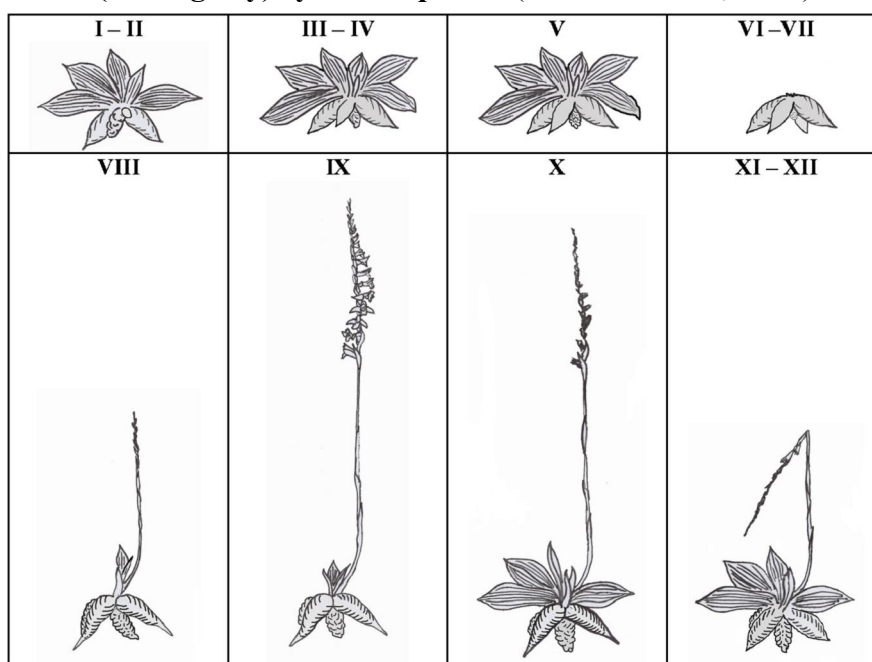
Obr. 2: Květenství *S. spiralis*



3.2.3 Fenologický cyklus

Fenologie tohoto druhu je velmi pozoruhodná, zaujímá zcela mimořádné postavení nejen mezi našimi, ale i mezi všemi vstavačovitými celé Evropy. V době květu pozorujeme růžici listů a mimo ni vyrůstající lodyhu bez přízemních listů, zatímco u všech ostatních evropských hlíznatých druhů orchidejí vyrůstá vždy květonosná lodyha ze středu listové růžice. Je to tím, že listy letošní květonosné lodyhy jsou již zcela odumřelé a růžice zelených listů vyrůstá z nové hlízy, z níž vyrostou teprve v příštím roce (opět po odumření listů) nová květonosná lodyha. Dle literatury nové listy vyrůstají z hlízy od konce června do srpna, vytvářejí přes zimu až do následujícího roku listovou růžici, která koncem května odumírá (PROCHÁZKA et VELÍSEK, 1983). U populace v NPP Pastviště u Fínů to však neplatí, nové listy začínají vyrůstat až od druhé poloviny srpna a rostou až do konce září (BRABEC, 2010 in verb.). Z vegetačního vrcholu v jejich středu vyrůstá po jejich zániku teprve v druhé polovině července až počátkem srpna následujícího roku květonosná lodyha. Nová hlíza se vytváří v období fotosyntetické asimilace listů (od konce léta roku předchozího do května nového roku). V době květu tedy vegetují v různých fenofázích „rostliny“¹ dvou po sobě jdoucích let, a to květonosná lodyha ze staré hlízy, která v tomto roce zanikne a růžice listů z hlízy nové, jež přetrvává do příštího roku (PROCHÁZKA et VELÍSEK, 1983).

Obr. 3: Roční (fenologický) cyklus *S. spiralis* (BRABEC et al., 2004)



¹ V této době jsou stará a nová hlíza fyzicky spojeny. Bližší informace o podzemní fenologii druhu nejsou známy.

3.2.4 Rozmnožování

Spiranthes spiralis se může rozmnožovat generativně i vegetativně, mezi oběma způsoby jsou však meziročně velké rozdíly (JACQUEMYN et al., 2007). Vegetativní rozmnožování převažuje v nepříznivých podmínkách, kde je účinnou strategií jak přežít (JACQUEMYN et al., 2005, 2006 in JACQUEMYN et al., 2007). Pohlavní rozmnožování je doprovázeno míšením genů a vzniká tak dostatek nových genotypů, které se přizpůsobují měnícím se podmínkám (WISE et al., 2002 in JACQUEMYN et al., 2007). Rozptýl semen větrem navíc dovolí druhu šířit se do větších vzdáleností, a tak uniknout nepříznivým lokalitám (JACQUEMYN et al., 2007). Pro většinu druhů orchidejí (např. *S. spiralis*) je nutné dosažení určité velikosti listové plochy, než začnou kvést (WILLEMS, 1982; WELLS et COX, 1989). *S. spiralis* kvetoucí v roce t s největší pravděpodobností nepokvete v roce $t+1$ (WILLEMS et DORLAND, 2000). Vysvětlením snížené pravděpodobnosti kvetení může být to, že kvetoucí jedinci mají opožděnou tvorbu nové listové růžice oproti sterilním rostlinám přibližně o dva měsíce, tzn. září a říjen. V tomto období je stále ještě poměrně dlouhá doba slunečního svitu, jež umožňuje ukládat zásobní látky do podzemní hlízy (WILLEMS et DORLAND, 2000).

Energetická náročnost kvetení však nemůže vysvětlit vysokou synchronizaci nekvetení, která se vyskytuje v určitých letech. Další velmi významný faktor, který pravděpodobně ovlivňuje kvetení, jsou klimatické podmínky (WELLS, 1981, JACQUEMYN et al., 2007).

Skupina růžic (geneta) může žít několik desítek let, může mít až 5 listových růžic v jednom roce, jednu či více podzemních hlíz a jednu či více květonosných lodyh (WELLS, 1981; WILLEMS et DORLAND, 2000). Tyto skupiny růžic vznikly vegetativním množením z původně jedné rostliny (JACQUEMYN et al., 2007).

Květy rozkvétají postupně odspodu, obsahují nektar a jsou opylovány především čmeláky (WILLEMS et LAHTINEN, 1997; DYKYJOVÁ, 2003). Kromě tohoto opylení je v literatuře popisována i možnost samoopylení a dokonce apomixie (vývoj embrya bez splynutí pohlavních buněk) (PROCHÁZKA et VELÍSEK, 1983). Podle Reinharda existují tři typy autogamie, *S. spiralis* zařadil do skupiny tzv. spontánní autogamie, kdy pyl vypadává samovolně na bliznu (DYKYJOVÁ, 2003).

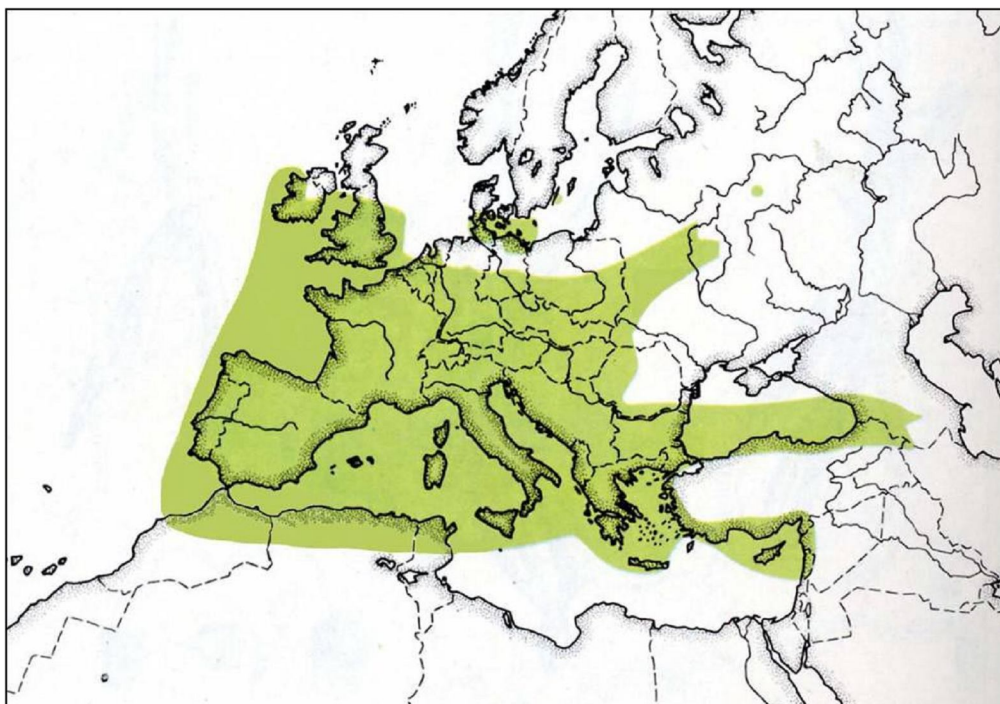
Počet a hmotnost semen je největší u nejnižě umístěných tobolek v rámci květonosné lodyhy a postupně směrem vzhůru klesá (WILLEMS et al., 2001). U populace na „Berghofsweide“ byly průměrné počty semen 877 v roce 1996 (WILLEMS et al., 2001) a 850 v roce 1994 (WILLEMS et MELSER, 1998 in WILLEMS et al., 2001) na tobolku. Poměr mezi opylenými a neopylenými květy kolísá od 0 % do 78 % (v průměru 35 %) na květonosnou lodyhu (WILLEMS et DORLAND, 2000). Semena jsou šířena větrem, přesto většina semen dopadne do přímého sousedství mateřské rostliny (MACHON et al., 2003 in JACQUEMYN et al., 2007), což poněkud zpochybňuje automatické použití pojmu „geneta“ pro každou skupinu růžic. Semena *S. spiralis* patří k nejmenším u evropských orchidejí, jejich délka se pohybuje od 0,32 do 0,38 mm a šířka jen od 0,1 do 0,15 mm. (PROCHÁZKA et VELÍSEK, 1983).

Podzemní životní fáze, tedy doba od vyklíčení do vytvoření první růžice, trvá přibližně 10–14 let (WELLS, 1981). Délka období mezi prvním vytvořením růžice a prvním kvetením je částečně nejasná, předpokládá se časové období mezi 1 a 6 lety, průměrně 3,5 roku. (WILLEMS, 1989; WILLEMS et LAHTINEN, 1997). Životnost jednotlivých rostlin může být více než 60 let od vzniku první růžice (WELLS, 1981).

3.2.5 Rozšíření

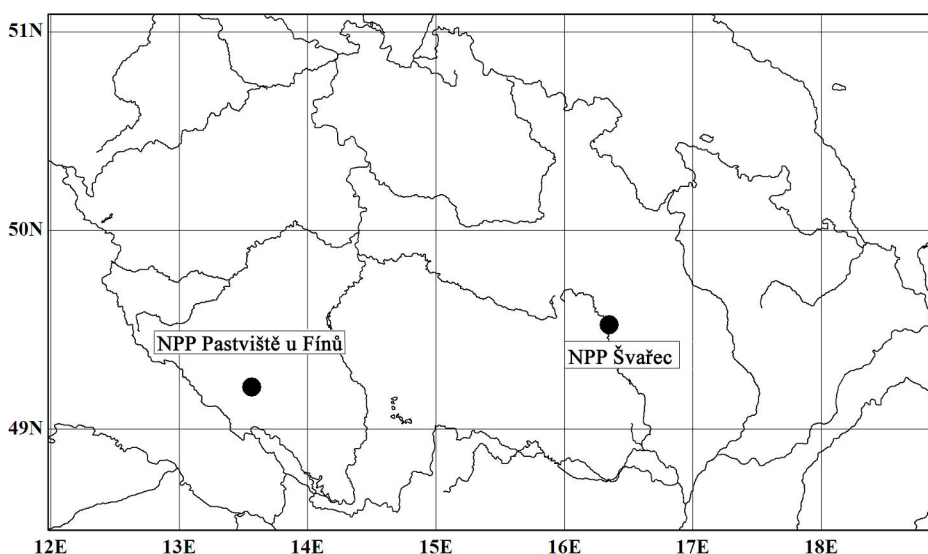
Spiranthes spiralis je považován za oceánský a atlantsko-mediteránní druh. Jeho areál se táhne od západního Středozeří (včetně severní Afriky) přes celou Evropu až do Malé Asie (Turecko, Libanon) a na Kavkaz. Severní hranice výskytu prochází Irskem, severní Anglií, Belgií, Nizozemskem, Dánskem, švédským ostrovem Öland, pobaltskými republikami a evropskou částí Ruska. S výjimkou několika středomořských států a Velké Británie jde o velmi vzácný a ohrožený druh. V červeném seznamu IUCN je uveden v nejvyšší kategorii (kriticky ohrožený druh) (BRABEC et al., 2004).

Obr. 4: Rozšíření *S. spiralis* ve světě (BRABEC et al., 2004)



V České Republice lze tento druh v současnosti nalézt na posledních dvou lokalitách u Albrechtic v Pošumaví a u Švařce na Českomoravské vrchovině (PRŮŠA, 2005). Kdysi byl u nás častější jak v Čechách (např.: Prachaticko, Třeboňsko, Vimperk, Cheb, České středohoří, Český kras, Mníšek, Benešov, Český Brod, Polabí, Jizerské hory, Podkrkonoší, Chrudimsko, atd.), tak na Moravě (např.: Opavsko, Beskydy, Bílé Karpaty, atd.) (PROCHÁZKA et VELÍSEK, 1983). Z historických záznamů bylo jen na Moravě zaznamenáno v minulosti celkem 58 lokalit se 107 záznamy (JATIOVÁ et ŠMITÁK, 1996).

Obr. 5: Současné rozšíření *S. spiralis* v ČR



3.2.6 Stanoviště

Spiranthes spiralis dovede osídlit celou řadu travinných porostů (kyselé i bazické substráty) od vlhčích rašelinných a slatinných luk, přes širokolisté trávníky až po výslunné suché pastviny. Naše současné populace rostou ve společenstvech krátkostébelných smilkových, popř. ovsíkových luk. Předpokládá se, že zaniklé moravské populace v Beskydech a Bílých Karpatech rostly zejména ve společenstvech poháňkových pastvin (JERSÁKOVÁ et KINDLMANN, 2004).

3.2.7 Management

Vliv managementu na populační dynamiku *S. spiralis* je dlouhodobě sledována v NPP Pastviště u Fínů, v nizozemské rezervaci Berghofweide v Jižním Limburgu a na několika slovenských lokalitách. Z dosavadních zjištění vyplývá, že druh má své těžiště na ovčích pastvinách, a tudíž pastva ovcí je pro uchování jeho populací naprosto zásadní (JERSÁKOVÁ et KINDLMANN, 2004). Některé populace na Slovensku jsou obhospodařovány pastvou skotu, ta sice není pro *S. spiralis* optimální, ale je možné aplikovat kombinovanou pastvu ovcí a skotu (KUBANDOVÁ et al., 2002).

Pastva ovcí vhodným způsobem odstraňuje zastínění rostoucích rostlin a napomáhá tak jejich dobrému vývoji (JERSÁKOVÁ et KINDLMANN, 2004). Jednou z předností ovčí pastvy je odstranění stařiny (KUBANDOVÁ et al., 2002). Pastva zároveň vytváří ve vegetaci drobné mezery (rozšlapání drnu kopýtky apod.), což zřejmě napomáhá uchycování semen (JERSÁKOVÁ et KINDLMANN, 2004). Další předností pastvy je vertikální a horizontální členění, které v porostu vzniká v důsledku výběru potravy pasoucími se zvířaty (KUBANDOVÁ et al., 2002). Čím menší je zastínění okolní vegetací, tím jsou listy růžic více přitisklé k zemi, a tím jsou odolnější vůči sešlapu, okusu či seči. Nezastíněné listové růžice jsou v průměru též mohutnější a zelenější (JERSÁKOVÁ et KINDLMANN, 2004).

Kosení může být určitou náhradou pastvy, ale jen po určitý čas (JERSÁKOVÁ et KINDLMANN, 2004). Biomasa se jednorázově rovnoměrně odstraní a vytvoří se nízký porost, ve kterém však nedochází k rozvolnění porostu (KUBANDOVÁ et al., 2002). Pravděpodobně by došlo i k zahuštění drnu (JERSÁKOVÁ et KINDLMANN, 2004). Kosení by se rozhodně nemělo provádět

pomocí těžkých stojů a pokosenou biomasu je nutno odstraňovat z lokality (KUBANDOVÁ et al., 2002).

Nebylo zaznamenáno, že by pastva ovcí nějakým výraznějším způsobem poškozovala listové růžice *S. spiralis* (NESVADBOVÁ et al., 2003), proto je také vhodnější než pastva skotu (KUBANDOVÁ et al., 2002). Pro optimální vývoj je vhodné pastvu vyloučit v době květu a zrání plodů, tj. v našich podmínkách cca od poloviny srpna do poloviny října a v případě silného vypasení též od poloviny dubna do konce května, tj. v době největšího rozvoje přízemních růžic. Pastva by měla být zabezpečena ve dvou cyklech během pastevní sezóny. Měla by být realizována koncem jarních až počátkem letních měsíců (konec května–červenec), druhý pročišťovací cyklus spadá do podzimních měsíců (konec října–listopad) (JERSÁKOVÁ et KINDLMANN, 2004).

Některé studie na Slovensku dávají přednost krátkodobé intenzivní pastvě (v délce 1 až 2 dnů) nad neregulovanou pastvou, při které vzniká velké množství nedopasků (KUBANDOVÁ et al., 2002). Krátkodobá pastva však neodstraňuje biomasu kontinuálně během celé vegetační sezóny a dochází tak k nežádoucímu zastínění listových růžic (JERSÁKOVÁ et KINDLMANN, 2004).

3.2.8 Vliv zastínění

V přírodní rezervaci „Berghofsweide“ (Nizozemí) byl proveden výzkum zaměřený na zjištění vlivu umělého zastínění (WILLEMS et al., 2001). Sledována byla produkce semen a fitness rostlin. Byly srovnávány tři skupiny rostlin s různým množstvím dopadajícího denního světla: 1 %, 25 % a 100 % (nestíněná kontrola). Zástin byl aplikován během celého období fotosyntetické aktivity (od září 1996 do května 1997) a nebránil volnému přístupu opylovačů ke květnímu stvolu.

Stínění se v době tvorby a zrání semen projevilo navýšením počtu semen v tobolce u silně zastíněných jedinců (99 % zástin) i mírně zastíněných jedinců (75 % zástin). Hmotnosti semen se mezi sebou příliš nelišily. Stínění dále ovlivňovalo tvar a postavení listů v růžici: stíněné listy byly prodloužené, tenčí a svíraly vzájemně ostřejší úhel (přibližně 60° od země). Změna tvaru listů vlivem zastínění byla pozorována i u druhu *Dactylorhiza majalis*, kde se změnil poměr mezi délkou a šířkou listů tak, že došlo k protažení listů. Stínění se na *D. majalis* dále projevilo prodloužením květonosné lodyhy. Nemělo však vliv na celkovou velikost

listové plochy, počet květů ani na průměrnou hmotnost semen v tobolce. Rovněž nebyla statisticky prokázána rozdílná pravděpodobnost kvetení v následujícím roce mezi mírně a silně zastíněnými rostlinami (JANEČKOVÁ et al., 2006).

V experimentu (WILLEMS et al., 2001) přežilo pouze 8 % silně zastíněných rostlin (2 z celkového počtu 25 rostlin), jejich listové růžice byly malé a žádná nekvetla. Z mírně zastíněných rostlin přežilo 76 % rostlin, z toho 21 % vykvetlo, v porovnání s kontrolní (nestíněnou) skupinou, kde přežilo 52 % rostlin, z toho 30 % vykvetlo. Na základě tohoto výsledku může být *S. spiralis* považován za mírně tolerantní druh k zastínění.

4. METODIKA

4.1 NPP Pastviště u Fínů

4.1.1 Charakteristika studované lokality

Národní přírodní památka (dále NPP) Pastviště u Fínů se nachází 4,5 km jihovýchodně od Sušice, 1 km severovýchodně od obce Albrechtice pod samotou „U Fínů“ (NESVADBOVÁ et al., 1987). Populaci vzácné orchideje *Spiranthes spiralis* zde našel v roce 1980 ornitolog L. Kučera. Botanický průzkum ukázal, že jde o mimořádně cennou lokalitu s bohatým výskytem ohrožených typů vegetace a vzácných druhů rostlin, které se zde udržely především díky tradičnímu obhospodařování (BRABEC et al., 2004).

Vlastní rozloha území zaujímá 4,2 ha a ochranné pásmo zaujímá přibližně další 3 ha (viz obr. 11 v příloze). Jde o komplex několika typů travinných společenstev, kamenných snosů, mezí a remízků (viz obr. 10 v příloze). V minulosti obhospodařovali území tradičním způsobem (drobná polička, jedno až dvousečné louky, pastviny) obyvatelé usedlosti (BRABEC et al., 2004).

V roce 1985 byla lokalita vyhlášena Okresním národním výborem v Klatovech jako chráněný přírodní výtvar. Od tohoto roku koordinuje obhospodařování státní ochrana přírody. Národní přírodní památkou je od roku 1992, podle zákona č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny (BRABEC et al., 2004).

4.1.2 Základní fyzicko-geografické údaje (podle NESVADBOVÁ et al., 1987)

Širší okolí Pastviště u Fínů je z geologického hlediska součástí moldanubika. Převážná část území je budována injikovými rulami a arterity, ve kterých se jako vločky uplatňují krystalické vápence a amfibolity. K pozdně variským magmatitům náleží žíly porfyrů, porfyrítů a granodiority až křemenné diority středočeského plutonu. Kvartérní pokryv je tvořen hlinitými až hlinitokamenitými sutěmi, jejich mocnost je závislá především na sklonu terénu.

Geomorfologická charakteristika: Území náleží do okrsku Sušická vrchovina, která je součástí podcelku Svatoborská vrchovina. Nejrozšířenější skupinou povrchových tvarů jsou středně sklonité svahy (do 10 %). Celé území je pramennou

oblastí, bylo zde zjištěno 5 pramenů. Osou území je bezejmenný potok, který je pravostranným přítokem Podmokelského potoka.

Studované území leží v okrajové části chladné oblasti CH7 (s MT 3) s velmi krátkým až krátkým, mírně chladným a vlhkým létem, s dlouhými přechodnými obdobími, mírně chladným jarem, mírným podzimem, dlouhou, mírnou mírně vlhkou zimou s dlouhým trváním sněhové pokrývky.

Fytochorion: 37 e) Volyňské Předšumaví (SKALICKÝ, 1988)

Čtverec středoevropského mapování: 6747

Nadmořská výška: 586–662 m n. m.

Souřadnice lokality:

Severní hranice: 49°12'42,8"N, 13°34'23,9"E

Jižní hranice: 49°12'32,9"N, 13°34'16,1"E

4.1.3 Přehled zjištěných biotopů

Biotopy jsou včetně kódu kategorizovány podle „Katalogu biotopů“ (CHYTRÝ et al., 2001, výčet je převzat z NESVADBOVÁ et al., 2003).

- R2.2 Nevápnitá mechová slatiniště
- T1.1 Mezofilní ovsíkové louky
- T1.5 Vlhké pcháčové louky
- T1.6 Vlhká tužebníková lada
- T1.9 Střídavě vlhké bezkolencové louky
- T2.3B Podhorské a horské smilkové trávníky (bez jalovce)
- T6.1 Acidofilní vegetace efemér a sukulentů
- K3 Vysoké mezofilní a xerofilní křoviny
- X7 Ruderální bylinná vegetace mimo sídla
- X12 Nálety pionýrských dřevin

4.1.4 Vzácné druhy organismů

Celkem se na území vyskytují dle vyhlášky MŽP ČR č. 395/1992 Sb. 2 kriticky ohrožené druhy rostlin (*Spiranthes spiralis*, *Gentianella bohemica*), 3 druhy silně ohrožené (*Orchis morio*, *Pinguicula vulgaris*, *Drosera rotundifolia*) a 10 ohrožených druhů (*Dactylorhiza majalis*, *Salix repens*, *Calycocorsus stipitatus*,

Carex davalliana, *Carex pulicaris*, *Parnassia palustris*, *Platanthera bifolia*, *Taraxacum* sec. *Palustris*, *Gymnadenia conopsea*).

Podle Černého a červeného seznamu cévnatých rostlin ČR, stav v roce 2000 (PROCHÁZKA, 2001) pak 2 silně ohrožené druhy (*Triglochin palustre*, *Eriophorum latifolium*), které nejsou v současné době v žádné kategorii zvláště chráněných druhů. Při posledním průzkumu v roce 2003 zde nebyly nalezeny dva dříve se vyskytující silně ohrožené druhy (*Orchis ustulata*, *Epipactis palustris*) (SLADKÝ et LIŠKOVÁ, 2004). Podle aktuálních informací tu však v roce 2009 byl pozorován opětovný výskyt *Orchis ustulata* (REJNKOVÁ, 2009 in verb.).

Ze živočichů, vázaných na biotopy ZCHÚ, se nepravidelně vyskytuje silně ohrožený chřástal polní (*Crex crex*) a pravidelně zde hnízdí ohrožený ťuhýk obecný (*Lanius collurio*) (SLADKÝ et LIŠKOVÁ, 2004).

4.1.5 Vývoj území z historického hlediska

Podle historických materiálů (Parcelen – Protokoll der Gemeinde Albrechtsried, 1895 in NESVADBOVÁ et al., 1987) byla lokalita využívána převážně jako louka, méně často jako orná půda a pastvina. Zajímavé je, že právě parcela s výskytem *S. spiralis* je zde uváděna jako orná půda. Dle ústního sdělení starousedlíků byla jako orná půda využívána ještě po roce 1945 (NESVADBOVÁ et al., 1987).

4.1.6 Historický vývoj lokality po vyhlášení CHPV

Pozemky v NPP „Pastviště U Fínů“ byly v době vyhlášení ochrany v roce 1985 užívány Státními statky Sušice, později Jednotným zemědělským družstvem Žihobce. Ani jedna z těchto firem neměla o svažité a lokálně silně podmáčené pozemky skutečný zájem a systematicky zde nehospodařila. Jen příležitostně byly travnaté pozemky přepásány menšími stády hovězího dobytka. Pravidelně sekaná byla pouze okrajová louka v severozápadní části území. Ručně, obvykle dvakrát ročně, často i až po zámrazu, byly sekány mokré louky v jižní části ochranného pásma navazující na chalupu „U Fínů“. Paní Marie Prinzová, která zde až do r. 1991 žila a hospodařila, přepásala malým stádem ovcí, koz a jalovic (několik kusů) sušší partie v pramenné míse ve střední části území a hlavně severněji a severovýchodněji

ležící pastviny nad levým břehem bezejmenného potoka (NESVADBOVÁ et al., 2003).

4.1.7 Populace *Spiranthes spiralis*

Populace *S. spiralis* se nachází v severní části území na ploše cca 1 ha, na svazích se sklonem 10–20°, orientovaných k jihovýchodu (viz obr. 12, 13, 14, 17 a 18 v příloze) (NESVADBOVÁ et al., 1987). Druh roste v mozaice krátkostébelných porostů (viz obr. 15 a 16 v příloze) ze svazů *Violion caninae* (as. *Polygalo-Nardetum* a as. *Thymo-Festucetum ovinae*), *Arrhenatherion* (as. *Trifolio-Festucetum rubrae* subas. *nardetosum*) a v místech s vystupujícím skalním podložím ve společenstvech svazu *Hyperico perforati-Scleranthion perennis* (as. *Jasiono montanae-Festucetum ovinae*) (BRABEC et al., 2004).

Rhizosféra odebraná v blízkosti několika rostlin *S. spiralis* měla pH 5,9. Půda je středně hnědá, v nejhořejším horizontu písčitohlinitá, od 2 cm hlouběji hlinitopísčítá (písek měl zrna o průměru 0,2–3 mm, ojediněle byl přítomen skelet až do 2 cm v průměru), suchá rozpadavá. Geologickým substrátem je rula (NESVADBOVÁ et al., 1987).

4.1.8 Současná ochranná opatření

Část sušší pastviny s výskytem *S. spiralis* nese označení 1a (viz obr. 11 v příloze), celá tato plocha je oplocena. Platí pro ni specifický plán zásahů a péče, platný od roku 2005 do roku 2014. Podle tohoto plánu je zde aplikována tzv. řízená pastva. Pastvu je nutné provozovat od 1. 6. do 15. 8., tedy v období kdy *S. spiralis* nemá nadzemní vegetativní orgány. Dále je možné pastvu provozovat od 15. 10. do 30. 4. Z výše uvedeného je patrné, že pastvu je nutné vyloučit od 15. 4. do 1. 6. a od 15. 8. do 15. 10., z důvodu výskytu již zmíněného *S. spiralis* a *Orchis morio*. Kosení luk není v současném plánu zásahů a péče zahrnuto. Na podzim roku 2009 byla lokalita z důvodu extrémně velkého množství biomasy vláčena (SLADKÝ et LIŠKOVÁ, 2004).

4.2 Sběr terénních dat

4.2.1 Zaměřování růžic

Od roku 1998 byly na lokalitě pravidelně vyhledávány a zaznamenávány všechny označené a nově nalézané exempláře *S. spiralis*, respektive genety (skupiny rostlin pocházející pravděpodobně z jedné hlízy). Místa výskytu genet byla dále označována vždy jako „pozice výskytu“ *S. spiralis*. K označení „pozic výskytu“ *S. spiralis* bylo do roku 2006 využíváno dvou způsobů:

- 1) přímé označení jednotlivých „pozic výskytu“ zapuštěným očíslovaným hřebíkem v přesně definované vzdálenosti a směru od jedince
- 2) zaměření jednotlivých „pozic výskytu“ s přesností na 0,5 cm v pevně fixované ploše 2,8 m × 2,1 m – v místě nejhustějšího výskytu

V roce 2007 byly v dalších 4 místech s velkou koncentrací „pozic výskytu“ založeny 4 pevně fixované linie o délkách 3 m, 6,2 m, 10 m a 10,2 m. K těmto liniím byly zaměřeny jak všechny stávající živé rostliny v nejbližším okolí, tak všechny dosavadní očíslované hřebíky. Vyhledávání „pozic výskytu“ je prováděno dvakrát ročně, a to v květnu, kdy končí vegetační sezóna zelených nadzemních růžic, a na přelomu srpna a září, tj. v době květu a nárůstu nových následně přezimujících růžic.

4.2.2 Naměřená biometrická data

Na každé mikrolokalitě (respektive u každé zjištěné rostliny) byly zaznamenány a zdokumentovány následující údaje:

duben/květen - prezence/absence nadzemních částí rostliny na mikrolokalitě

- počet listových růžic na mikrolokalitě
- délka a šířka všech listů každé listové růžice
- asimilační plocha každé listové růžice (fotodokumentace s měřítkem)

srpen/září - prezence/absence květonosných lodyh a počet kvetoucích jedinců

- výška květonosné lodyhy
- počet květů na lodyze
- počet nově vyrůstajících růžic (tj. počet nových hlíz)

4.2.3 Fotografování pozic výskytu (genet)

Pozice výskytu byly pravidelně fotografovány při jarním monitoringu (duben/květen) v období let 2000–2010. Fotografie byly pořizovány kolmo na listovou růžici, popřípadě na skupinu růžic. Před fotografováním byl v okolí růžice umístěn (opět kolmo k zemi) kalibrační čtvereček (o velikosti 1 cm²) a označení „pozice výskytu“.

4.3 Zpracování dat

Pro většinu analýz jsou v této práci používána pouze data z genet, jež mají jednu růžici, jelikož u genet se dvěma a více růžicemi nelze meziročně určit, o kterou konkrétní růžici se jedná. Důvodem je tvorba propletených skupin růžic, viz obr. 6. Výjimky tvoří pouze analýzy z podkapitol 5.2.1 (vliv velikosti listové plochy na kvetení rostlin), 5.2.2 (závislost výšky květního stvolu a počtu květů na velikosti měřené listové plochy), 5.2.3 (závislost počtu květů na výšce květního stvolu) a 5.4 (energetická náročnost kvetení), kdy byla použita data ze všech pozic výskytu.

Ve všech analýzách byla zahrnuta měřená listová plocha zjištěná z rozměrů jednotlivých listů. Analyzovaná listová plocha zjišťovaná z fotografií byla použita pouze do analýz v podkapitole 5.3 (vliv zastínění rostlin vegetací a velikosti jejich asimilační plochy na přežívání (fitness)).

Obr. 6: Geneta *S. spiralis* tvořená 5 růžicemi



4.3.1 Obrazová analýza

Pomocí obrazové analýzy byla u jednotlivých růžic zjišťována plocha, obvod, maximální průměr a minimální průměr přízemní růžice. Ke zpracování dat bylo použito softwaru NIS Elements, varianta Advanced Research, verze 3.0 (výrobce Laboratory Imaging s.r.o., Praha).

Po otevření fotografie v softwaru NIS Elements 3.0, byla nejprve zjištěna skutečná velikost pomocí kalibračního čtverečku. Následovalo ruční obkreslení růžice, viz obr. 7. Získaná data byla uložena do souboru Microsoft Office Excel 2000. Pro zvýšení efektivity operací bylo maximum operací zautomatizováno pomocí makra (viz tab. 15 v příloze).

Obr. 7: Analyzovaná růžice - obkreslení



4.3.2 Skutečná velikost listové plochy

Rozměry listů byly měřeny vždy na jaře (ve stejné době jako byla pořízena fotografie každé pozice výskytu). Z naměřených rozměrů byla vypočtena velikost listové plochy každého listu. Odhad listové plochy každé růžice byl získán výpočtem: vynásobením maximální délky listu \times maximální šířky listu a následnou korekcí tvaru listu – vynásobením součtu těchto násobků konstantou $2/3$.

4.3.3 Konstanta $2/3$

Byla zjištěna jako průměr z výsledků deseti náhodně vybraných listů. Jednotlivé listy byly obkresleny na milimetrový papír, poté bylo spočítáno, jakou

plochu (mm^2) má obsah čtverce (výšky \times délka listu), hodnota byla považována za 100 %. Zbývalo zjistit velikost plochy kolem listu (mm^2) a převést ji na procenta. Procentuální výsledek byl vyjádřen desetinným číslem. Průměr této hodnoty z deseti listů byl přesně 0,3035. To bylo zaokrouhleno na jedno desetinné místo (0,3) a odečteno od čísla jedna. Tím byla získána konstanta $0,7 = 2/3$.

4.3.4 Výpočet indexu zastínění

Index zastínění byl vypočten jako poměr měřené velikosti listové plochy (která byla vypočtena z rozměrů listů viz kap. 4.3.2) ku ploše téže růžice, zjištěné pomocí obrazové analýzy (tzn. analyzovaná listová plocha, viz kap. 4.3.1). Rozdíl mezi oběma hodnotami by měl být úměrný míře zkreslení, které je způsobeno úhlem, který svírají listy s povrchem půdy.

Index zastínění byl potom použit pro testování hypotézy, že životaschopnost rostliny (tj. schopnost přežít, vykvést, vegetativně se rozmnožit apod.) je určována mírou zastínění jejího asimilačního aparátu okolní vegetací.

Obr. 8: Nezastíněná listová růžice *S. spiralis*



Na obrázku 8 je listová růžice nezastíněná, s dostatkem prostoru. Má listy široké, dobře vyvinuté a přitisknuté k zemi – nízký index zastínění (= malý rozdíl mezi skutečnou velikostí listové plochy a plochou listů na fotografii).

Obr. 9: Zastíněná listová růžice *S. spiralis*



Na obrázku 9 je růžice nalezená v hustém porostu, zastíněná. Má listy užší a vztyčené od země, vysoký index zastínění (= velký rozdíl mezi skutečnou velikostí listové plochy a plochou listů na fotografii).

4.4 Statistické hodnocení

Statistické hodnocení bylo provedeno v programu STATISTICA v. 9.0 (StatSoft 2009). Seznam použitých testů pro jednotlivé výsledky:

- Vliv velikosti listové plochy na kvetení rostlin, viz výsledky 5.2.1 – logistická regrese. Nezávisle proměnná byla měřená listová plocha, závislá proměnná pravděpodobnost kvetení vyjádřená binomiálně 0/1.
- Závislost výšky květního stvolu a počtu květů na velikosti měřené listové plochy, viz výsledky 5.2.2 – lineární regrese. Nezávisle proměnná byla měřená listová plocha a závisle proměnnými byla délka stvolu a počet květů.
- Závislost počtu květů na výšce květního stvolu, viz výsledky 5.2.3 – lineární regrese
- Vliv velikosti listové plochy na jaře roku t na stav rostlin na podzim roku t , viz výsledky 5.3.1 – analýza kovariance v modulu GLM (zobecněné lineární modely) a jednocestná analýza variance s mnohonásobným porovnáváním (Tukey test). Jako nezávisle proměnná byla použita *měřená listová plocha* spočtená na jaře roku t , závislou proměnnou byla *analyzovaná listová plocha* na jaře roku t , a kovariáta byla *příslušnost k regresní křivce* pro rostliny ve

stavu kvetoucím, sterilním a nenalezeném na podzim roku t . Testovány byly rozdíly ve sklonu regresních křivek.

- Energetická náročnost kvetení, viz výsledky 5.4 – vícecestná analýza variance s mnohonásobným porovnáváním (Tukey test). Nezávislou proměnnou byl stav rostlin v roce t (kvetoucí, sterilní) a rok t (resp. $t+1$), závisle proměnná byla měřená listová plocha v roce t (nebo $t+1$).

Pro grafické zobrazení bylo využito programu Microsoft office Excel 2007.

4.5 Dynamika přežívání a kvetení druhu *Spiranthes spiralis*

Data do této části byla převzata z dlouhodobého monitoringu *S. spiralis*, jehož hlavními řešiteli jsou Mgr. Jaroslava Nesvadbová a RNDr. Jiří Brabec (viz BRABEC, 2009). Text i zpracování dat jsou společným dílem těchto spoluautorů a Z. Ipsera (jeho podíl činí v textu 90 % a ve zpracování dat 50 %). Práce byla prezentována na: 4. ročníku tématického setkání ke studiu vzácných a ohrožených druhů naší květeny (Sedmihorky u Karlovic) a na pracovní konferenci České botanické společnosti na téma „Parazitické, poloparazitické a mykoheterotrofní rostliny“ (Praha). Společná práce bude i součástí připravované publikace.

4.6 Použité materiály

Autory fotografií jsou: obrázek č. 12, 13, 14, 15 – M. Hostička, obrázek č. 1, 2, 6, 7, 8, 9, 16, 17, 18 – Z. Ipser.

Botanická nomenklatura je sjednocena dle Klíče ke květeně České republiky (KUBÁT et al., 2002).

4.7 Seznam použitých zkratk

F0 – kvetoucí rostliny

F1 – kvetoucí rostliny, které se rozdělily

FN – kvetoucí rostliny, které nepřežily do roku $t+1$

N – nenalezené rostliny (uhynulé nebo dormantní)

S0 – sterilní rostliny

S1 – sterilní rostliny, které se rozdělily

E – *pozice výskytu bez jakékoli nadzemní asimilující části*

R – *pozice výskytu* s alespoň jednou růžicí neboli nekvetoucí asimilující nadzemní část

F – *pozice výskytu* s alespoň jednou kvetoucí lodyhou nebo kvetoucí rostlinou

S.D. – směrodatná odchylka

IZ – index zastínění

LP – měřená listová plocha

NPP – Národní přírodní památka

MŽP – Ministerstvo životního prostředí

ZCHÚ – Zvláště chráněná území

5. VÝSLEDKY

5.1 Zhodnocení metodiky

Metodika zpracování fotografického materiálu s využitím obrazové analýzy, dokumentující životaschopnost jednotlivých exemplářů, byla prakticky ověřena. Byla otestována na všech pozicích výskytu, které obsahovaly jednu růžici, během desetiletého období pozorování. Tímto způsobem bylo zpracováno 979 exemplářů *S. spiralis*.

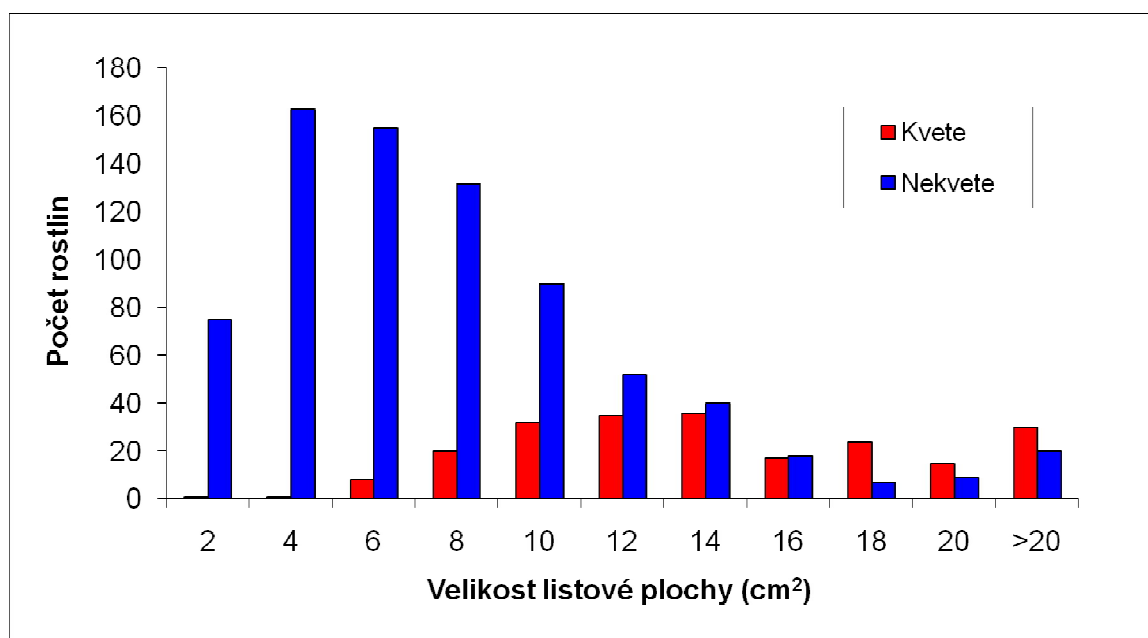
5.2 Vlastní výsledky

5.2.1 Vliv velikosti listové plochy na kvetení rostlin

Pravděpodobnost kvetení byla pozitivně závislá na velikosti listové plochy (logistická regrese: $\chi^2 = 226,0$; $df = 1$; $p < 0,001$; graf 1).

Rostliny s malou listovou plochou pokvetou s menší pravděpodobností než rostliny s velkou listovou plochou (graf 1).

Graf 1: Vliv velikosti listové plochy (na jaře) na kvetení (na podzim daného roku). Na základě údajů z let 2000 až 2009.



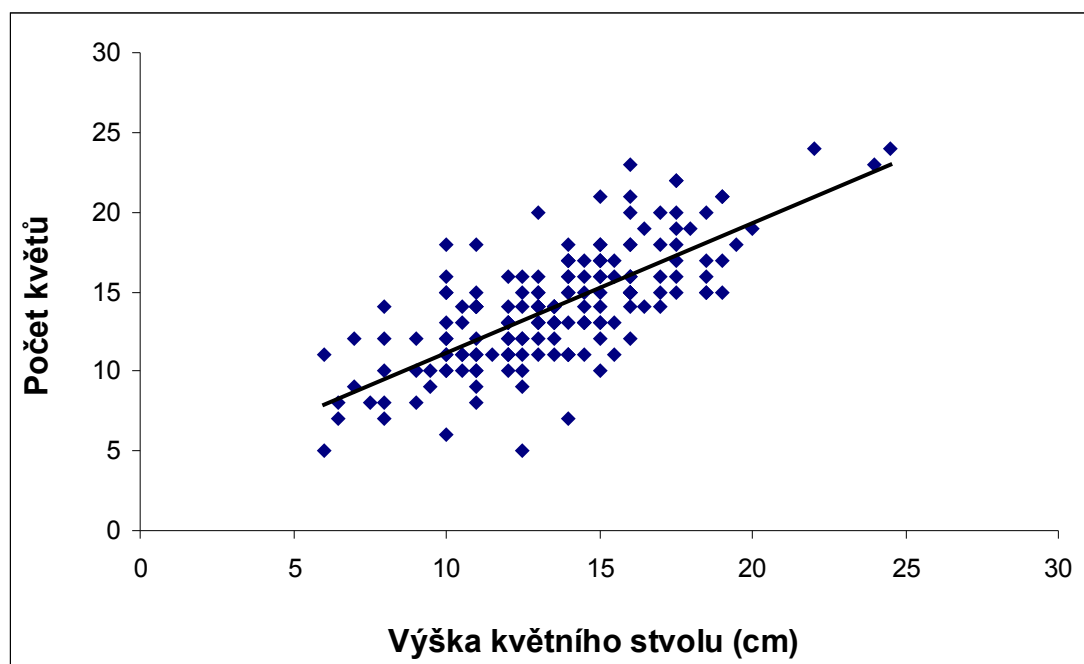
5.2.2 Závislost výšky květního stvolu a počtu květů na velikosti měřené listové plochy

Výška květního stvolu a počet květů byly průkazně závislé na velikosti listové plochy, čím větší je listová plocha, tím vyšší je květní stvol i větší množství květů (lineární regrese: délka stvolu: $F_{(1,174)} = 53,0$; $p < 0,001$; $R^2 = 0,23$; počet květů: $F_{(1,174)} = 46,2$; $p < 0,001$; $R^2 = 0,21$)

5.2.3 Závislost počtu květů na výšce květního stvolu

Z předchozího výsledku závislosti lze předpokládat, že počet květů bude závislý na výšce stvolu. Počet květů byl kladně korelován s výškou stvolu (Pearsonův korelační koeficient $r = 0,72$; $p < 0,05$; viz graf 2).

Graf 2: Závislost počtu květů na výšce květního stvolu



5.3 Vliv zastínění rostlin vegetací a velikosti jejich asimilační plochy na přežívání (fitness)

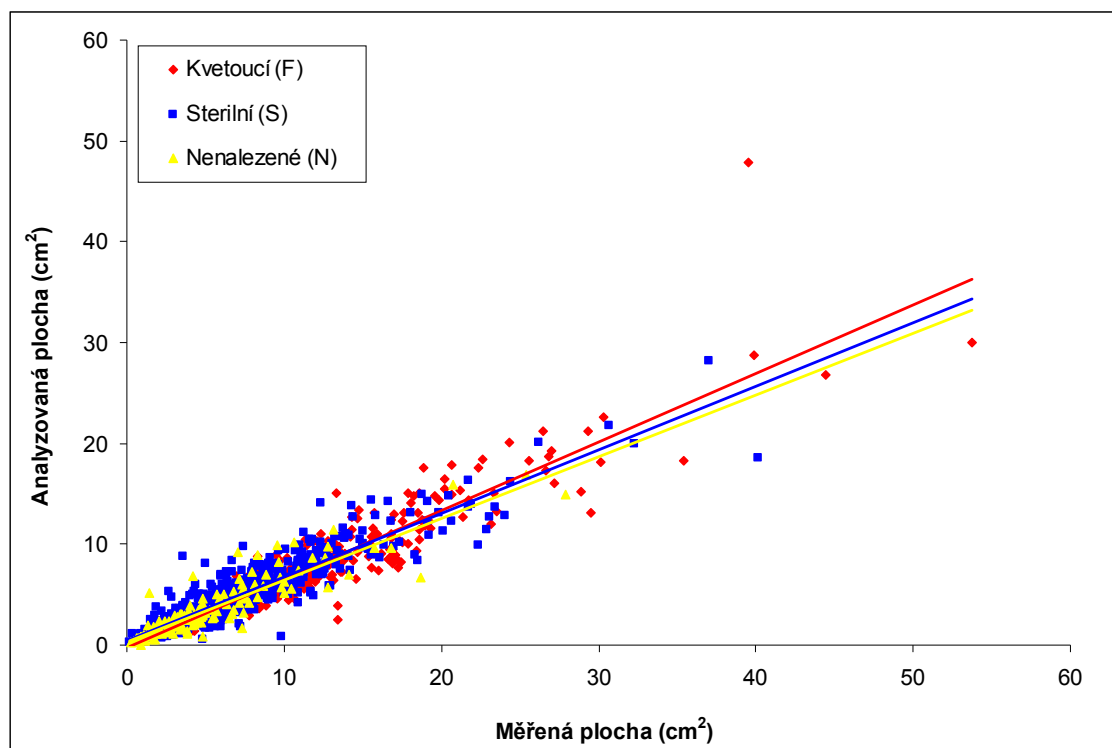
5.3.1 Vliv velikosti listové plochy na jaře roku t na stav rostlin na podzim roku t

Lze předpokládat, že na jaře zastíněné rostliny budou na podzim téhož roku s větší pravděpodobností sterilní či nenalezené, naopak málo zastíněné rostliny pokvetou. Nenalezené rostliny představují jedince uhynulé a dormantní.

V grafu 3 se tyto předpoklady měly projevit následujícím vizuální efektem: čím větší je u rostliny měřená listová plocha oproti analyzované listové ploše, tím je rostlina více zastíněná. Jinými slovy řečeno, čím je menší index zastínění, tím je bod v grafu výše. Z toho plyne, že čím má regresní křivka strmější sklon, tím jsou růžice méně zastíněné.

Testovaná hypotéza: Míra zastínění na jaře roku t (vyjádřená indexem zastínění) má vliv na stav rostliny (vyjádřený např. jako kvetení, uhynutí apod.) na podzim roku t .

Graf 3: Porovnání velikosti listové plochy (měřené i analyzované), na jaře v roce t , se stavem rostliny na podzim v roce t . Data z 10-ti let (2000 až 2009).



Strmost křivky vyjadřuje velikost indexu zastínění. Na podzim roku t bylo v jednotlivých kategoriích zjištěno celkem 218 rostlin kvetoucích, 627 sterilních a 134 rostlin nebylo nalezeno.

Během sledovaného období hynuly nejčastěji nejmenší rostliny (N v levé části grafu), menší a středně velké přeživaly, ale vesměs nekvetly (S v levé a střední části grafu), vykvétaly nejčastěji větší rostliny (F ve střední a pravé části grafu).

Analýza kovariance ukázala, že rozdíly ve sklonu regresních křivek pro kvetoucí, sterilní a nenalezené rostliny jsou statisticky neprůkazné (Anova: $F_{(2,976)} = 0,58$; $p = 0,55$), a tudíž míra zastínění na jaře neměla vliv na to, zda rostliny budou na podzim kvetoucí, sterilní či nenalezené.

Kromě tohoto jednoduchého rozdělení na tři výše zmíněné kategorie, byla provedena i podrobnější rozdělení (viz tab. 1 a graf 36 v příloze). Velikost listové plochy na jaře měla statisticky průkazný vliv na chování rostlin na podzim (Jednocestná Anova $F_{(5,974)} = 75,6$, $P < 0,001$).

Tukey test pro průměrnou velikost listové plochy (v tabulce 1) ukazuje, že jediné dvě kategorie, které byly statisticky odlišné od všech ostatních, jsou F1 (kvetoucí rostliny, které se rozdělily) a N (nenalezené rostliny). Zbylé kategorie se od sebe statisticky nelišily, například mezi S0 (sterilní rostliny) a S1 (sterilní rostliny, které se rozdělily), ale také mezi F0 (kvetoucí rostliny) a FN (kvetoucí rostliny, které nepřežily do roku $t+1$) nejsou průkazné rozdíly.

Tab. 1: Vliv velikosti listové plochy a indexu zastínění na jaře na stav rostlin na podzim téhož roku.

Stav rostliny na podzim	Průměrná listová plocha \pm S.D.	Tukey test pro průměrnou listovou plochu	Index zastínění \pm S.D.
F0	13,5 \pm 5,7	d	1,6 \pm 0,47
F1	21,6 \pm 13,2	e	1,6 \pm 0,3
FN	12,2 \pm 2,5	cd	1,5 \pm 0,2
N	5,4 \pm 5,2	a	1,9 \pm 3,8
S0	7,2 \pm 4,9	b	1,6 \pm 0,7
S1	9,3 \pm 5,5	bc	1,4 \pm 0,5

Tukey test – stejná písmena značí statisticky neprůkazné rozdíly mezi kategoriemi na hladině $P < 0,05$. Vysvětlení zkratk: S.D. – směrodatná odchylka; F0 – kvetoucí rostliny; F1 – kvetoucí rostliny, které se rozdělily; FN – kvetoucí rostliny, které nepřežily do roku $t+1$; N – nenalezené rostliny; S0 – sterilní rostliny a S1 – sterilní rostliny, které se rozdělily.

5.3.2 Porovnání velikosti měřené a analyzované listové plochy, zjištěné na jaře, se stavem rostlin na podzim téhož roku pro každý jednotlivý rok.

V následujících grafech (č. 4–13), jsou rozložena data mezi jednotlivé roky.

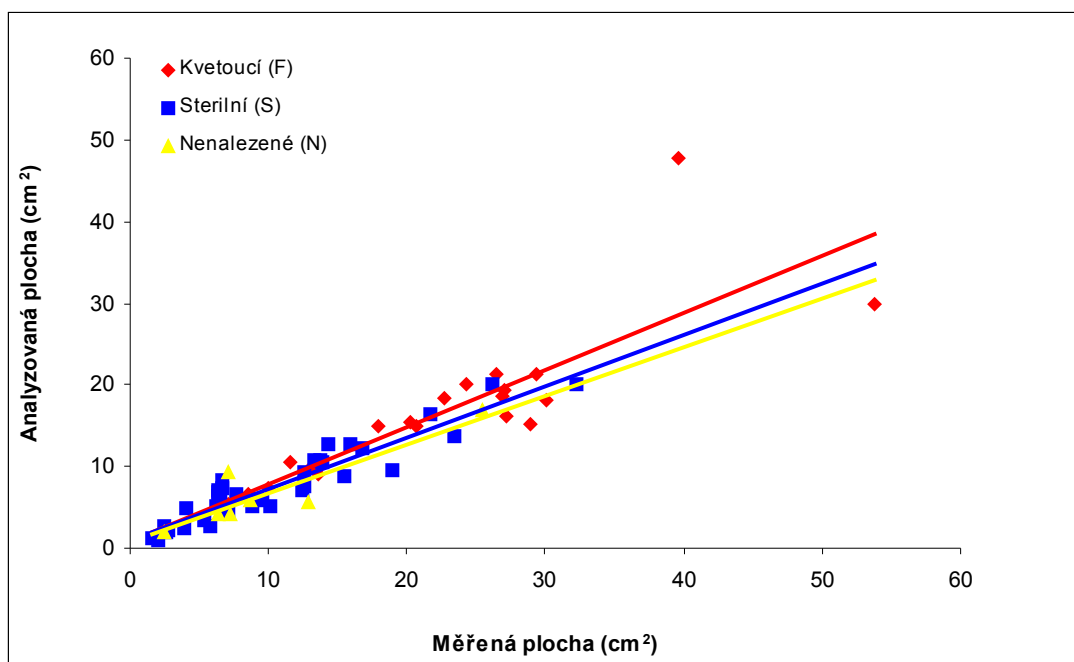
Stejně jako u grafu 3 platí, že čím je u rostliny větší rozdíl mezi velikostí listové plochy zjištěné měřením a analýzou obrazu, tím by měla být rostlina více zastíněná, čili čím je index zastínění menší, tím je bod v grafu výše, čím má regresní křivka strmější sklon, tím jsou růžice méně zastíněné.

Grafy (4–13) ukazují minimální rozdíly ve sklonu regresních křivek. Většina regresních křivek (F, S, N) nemá vzájemně ani očekávané rozložení, tj. největší sklon kvetoucí (F), menší sterilní (S) a nejmenší nenalezené (N) rostliny.

Tabulky 2–11 dokládají další důležité informace o rostlinách z jednotlivých let. Pro jednotlivé kategorie rostlin (kvetoucí, sterilní, nenalezené) jsou v nich uvedeny průměry listových ploch (včetně směrodatné odchylky), průměrné indexy zastínění (včetně směrodatné odchylky) a počty rostlin.

Z tabulek 2–11 lze zjistit, že kvetoucí rostliny měly ve všech letech v průměru větší listovou plochu než rostliny sterilní (výjimku tvoří rok 2007, kdy měly sterilní rostliny mírně větší průměrnou listovou plochu oproti kvetoucí rostlinám, a to o 0,9 cm²). Rozdíly mezi velikostí listové plochy sterilních a nenalezených rostlin nebyly tak významné jako mezi rostlinami sterilními a kvetoucími. Přesto byla ve všech letech (kromě roku 2009) nejmenší průměrná velikost listové plochy zjištěna u nenalezených rostlin.

Graf 4: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem rostlin na podzim v roce 2000.

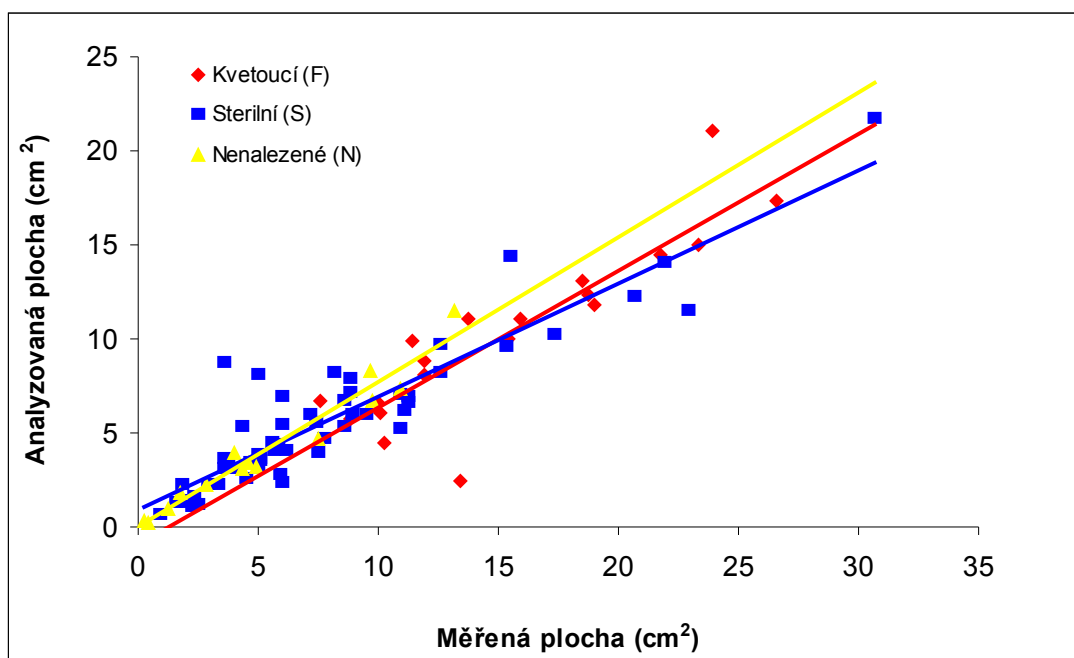


Tab. 2: Statistické údaje pro jednotlivé kategorie v roce 2000

Kategorie	Průměr LP (cm ²)	S.D. LP	Průměr IZ	S.D. IZ	Počet
Kvetoucí	22,3	11,1	1,4	0,2	21
Sterilní	10,5	7,1	1,4	0,4	37
Nenalezené	10	6,9	1,5	0,4	7

Vysvětlení zkratk: Průměr LP – průměr měřené listové plochy, S.D. LP – směrodatná odchylka měřené listové plochy, průměr IZ – průměrný index zastínění, S.D. IZ – směrodatná odchylka indexu zastínění, počet – počet rostlin v každé kategorii. Toto vysvětlení zkratk platí pro tabulky od čísla 2 do čísla 11.

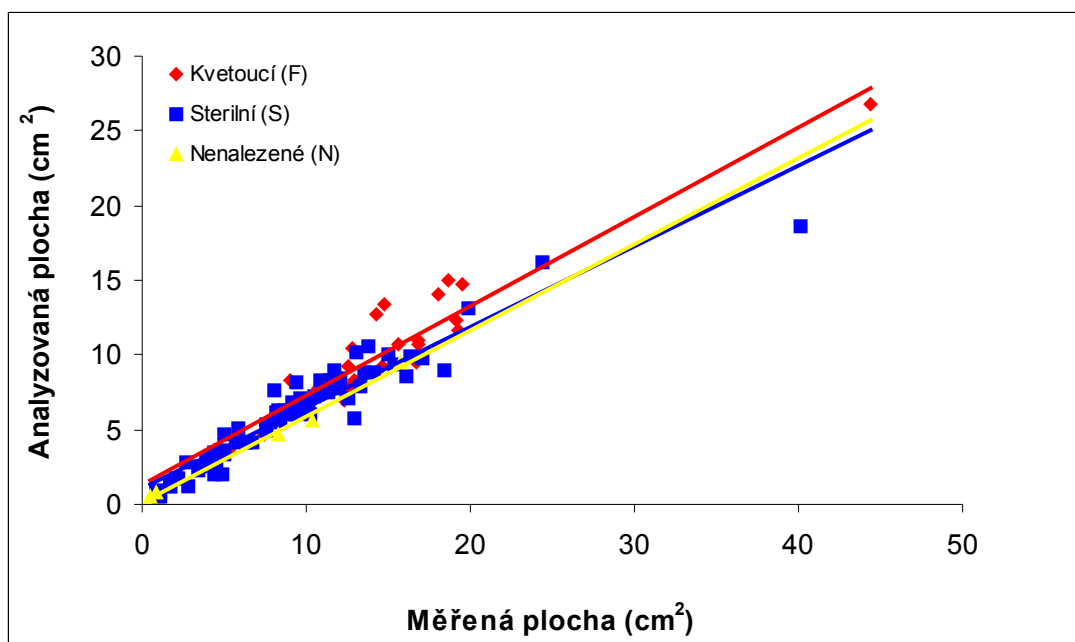
Graf 5: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem rostlin na podzim v roce 2001.



Tab. 3: Statistické údaje pro jednotlivé kategorie v roce 2001

Kategorie	Průměr LP (cm ²)	S.D. LP	Průměr IZ	S.D. IZ	Počet
Kvetoucí	15,4	5,5	1,7	0,9	19
Sterilní	7,9	5,9	1,4	0,4	56
Nenalezené	5,4	4	1,3	0,3	14

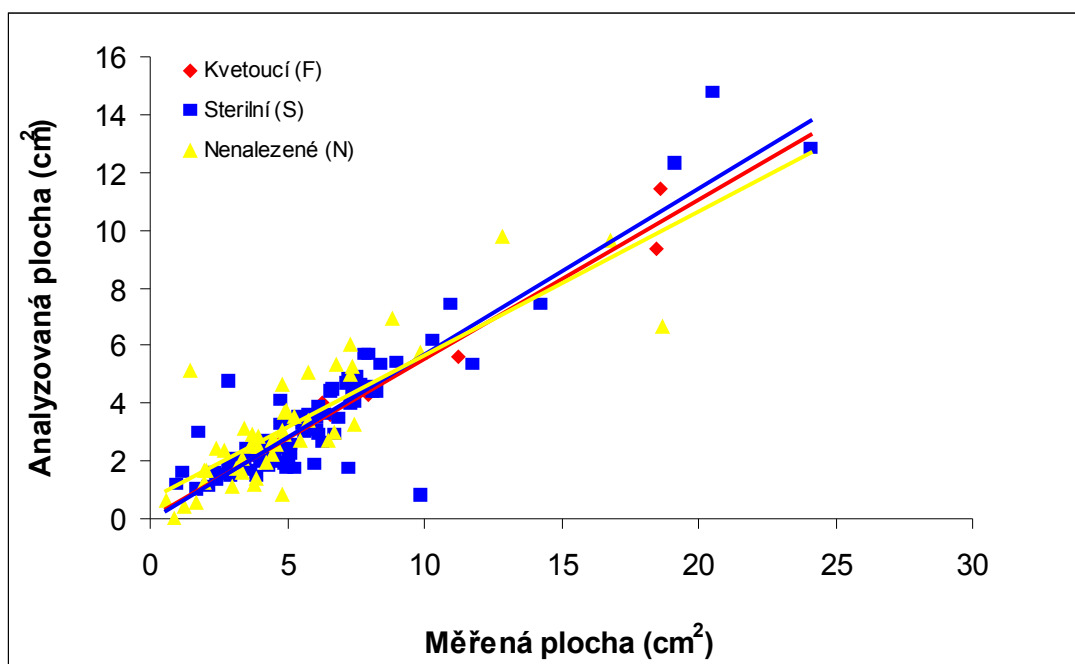
Graf 6: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem rostlin na podzim v roce 2002.



Tab. 4: Statistické údaje pro jednotlivé kategorie v roce 2002

Kategorie	Průměr LP (cm ²)	S.D. LP	Průměr IZ	S.D. IZ	Počet
Kvetoucí	14,9	6,8	1,5	0,2	27
Sterilní	8,9	6,3	1,5	0,3	70
Nenalezené	7,2	5,8	1,5	0,3	5

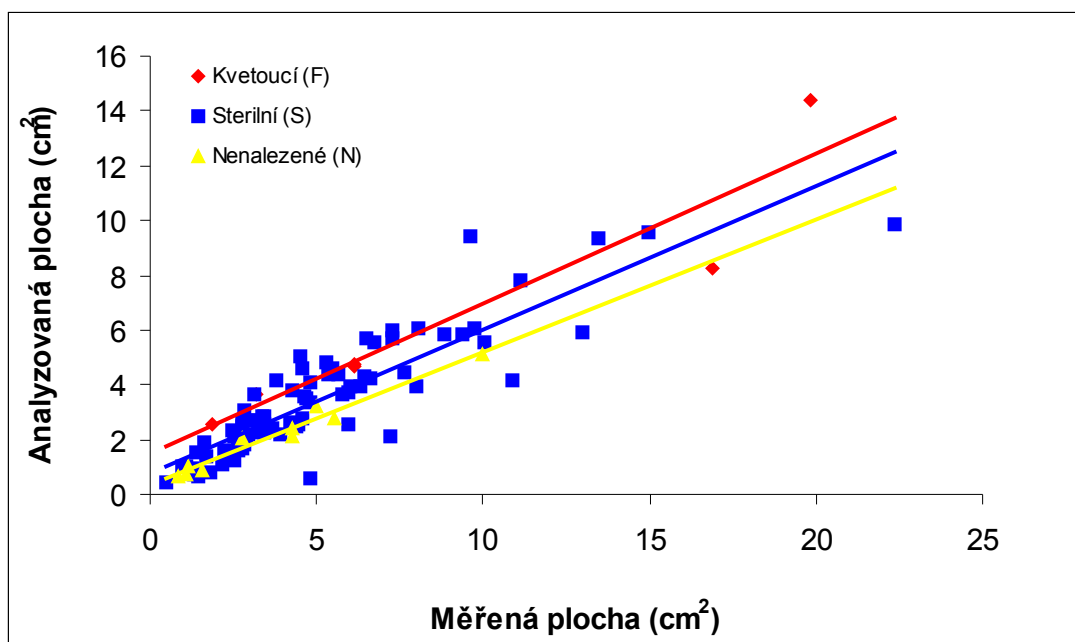
Graf 7: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem rostlin na podzim v roce 2003.



Tab. 5: Statistické údaje pro jednotlivé kategorie v roce 2003

Kategorie	Průměr LP (cm ²)	S.D. LP	Průměr IZ	S.D. IZ	Počet
Kvetoucí	10,6	5,4	1,8	0,2	7
Sterilní	6,2	3,9	1,9	1,2	76
Nenalezené	5,1	3,5	1,8	0,9	48

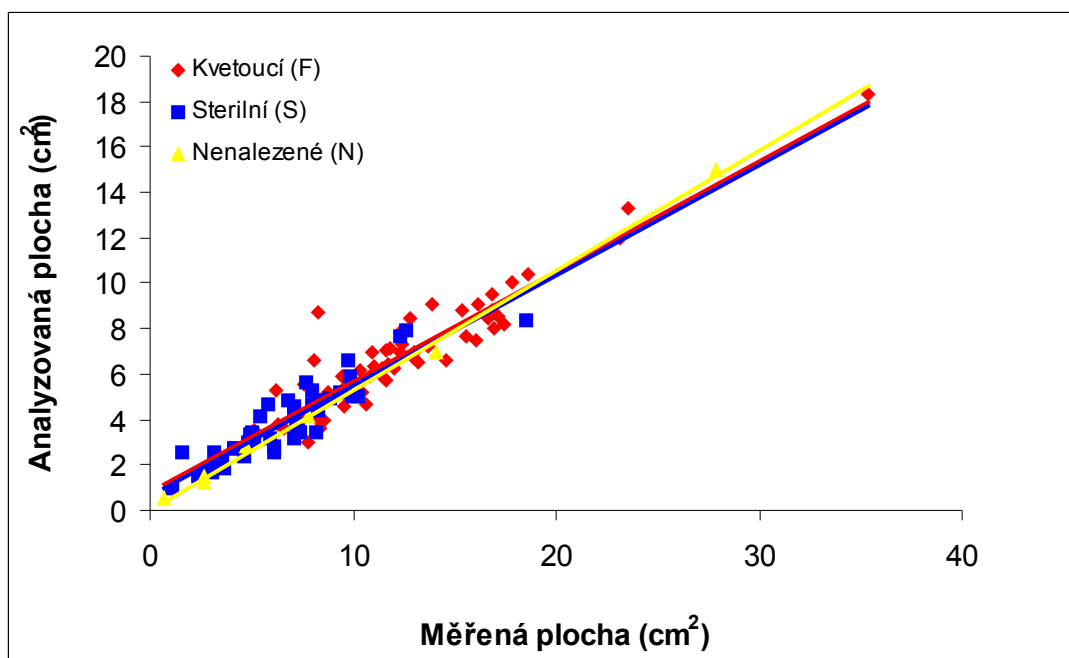
Graf 8: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem rostlin na podzim v roce 2004.



Tab. 6: Statistické údaje pro jednotlivé kategorie v roce 2004

Kategorie	Průměr LP (cm ²)	S.D. LP	Průměr IZ	S.D. IZ	Počet
Kvetoucí	9	6,8	1,3	0,4	6
Sterilní	5	3,5	1,5	0,8	84
Nenalezené	3,6	2,7	1,6	0,3	10

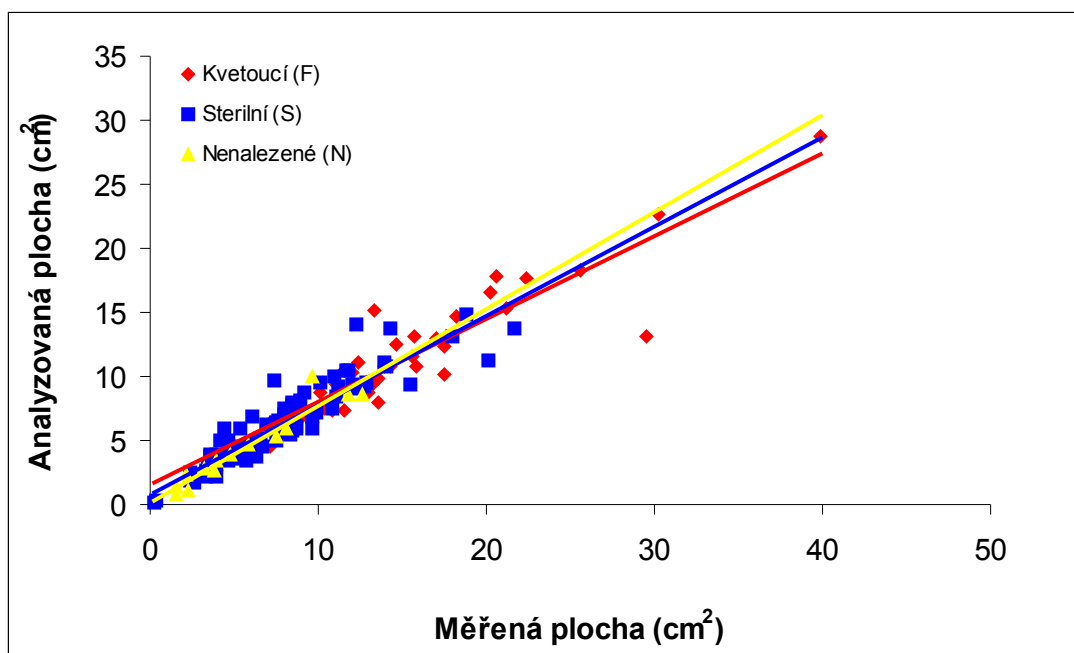
Graf 9: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem rostlin na podzim v roce 2005.



Tab. 7: Statistické údaje pro jednotlivé kategorie v roce 2005

Kategorie	Průměr LP (cm ²)	S.D. LP	Průměr IZ	S.D. IZ	Počet
Kvetoucí	12,5	5,1	1,8	0,3	57
Sterilní	6,5	3,2	1,7	0,3	47
Nenalezené	8,6	8,9	1,8	0,2	7

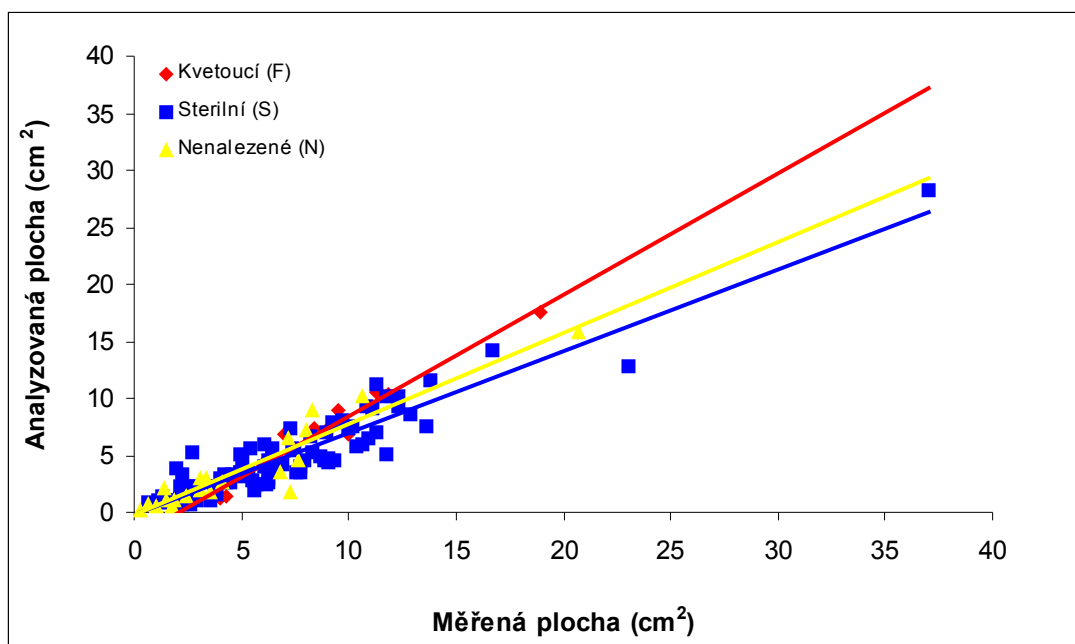
Graf 10: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem rostlin na podzim v roce 2006.



Tab. 8: Statistické údaje pro jednotlivé kategorie v roce 2006

Kategorie	Průměr LP (cm ²)	S.D. LP	Průměr IZ	S.D. IZ	Počet
Kvetoucí	16,1	6,7	1,4	0,2	36
Sterilní	7,9	4,3	1,2	0,2	81
Nenalezené	5,6	3,6	1,3	0,3	14

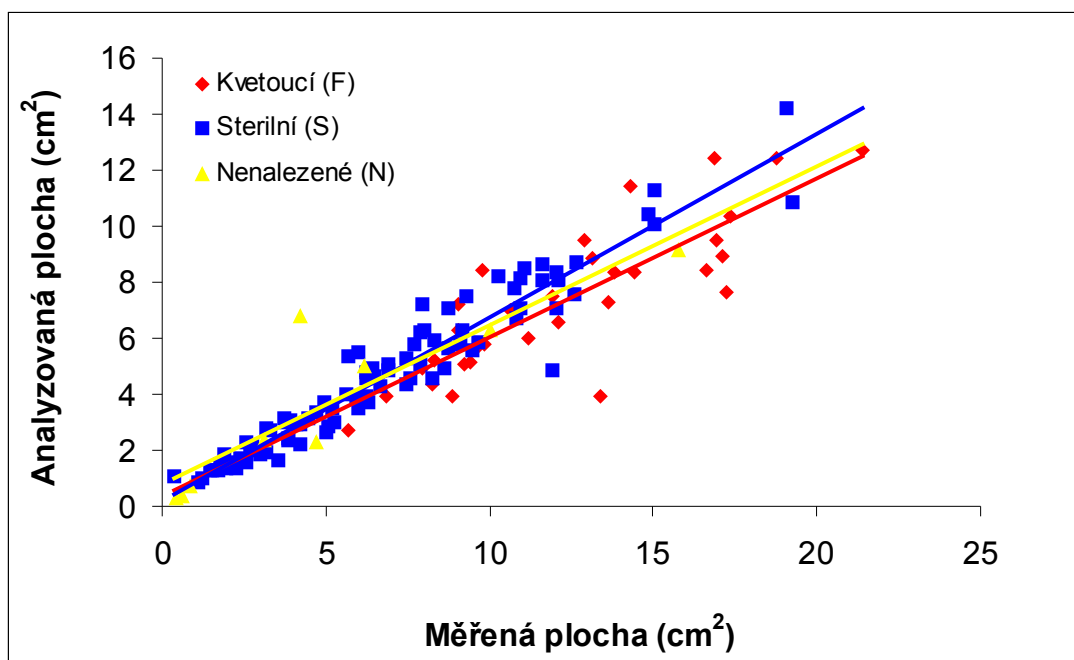
Graf 11: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem rostlin na podzim v roce 2007.



Tab. 9: Statistické údaje pro jednotlivé kategorie v roce 2007

Kategorie	Průměr LP (cm ²)	S.D. LP	Průměr IZ	S.D. IZ	Počet
Kvetoucí	9,4	3,9	1,5	0,7	12
Sterilní	10,3	5,1	1,6	0,6	90
Nenalezené	5	4,6	1,6	0,8	21

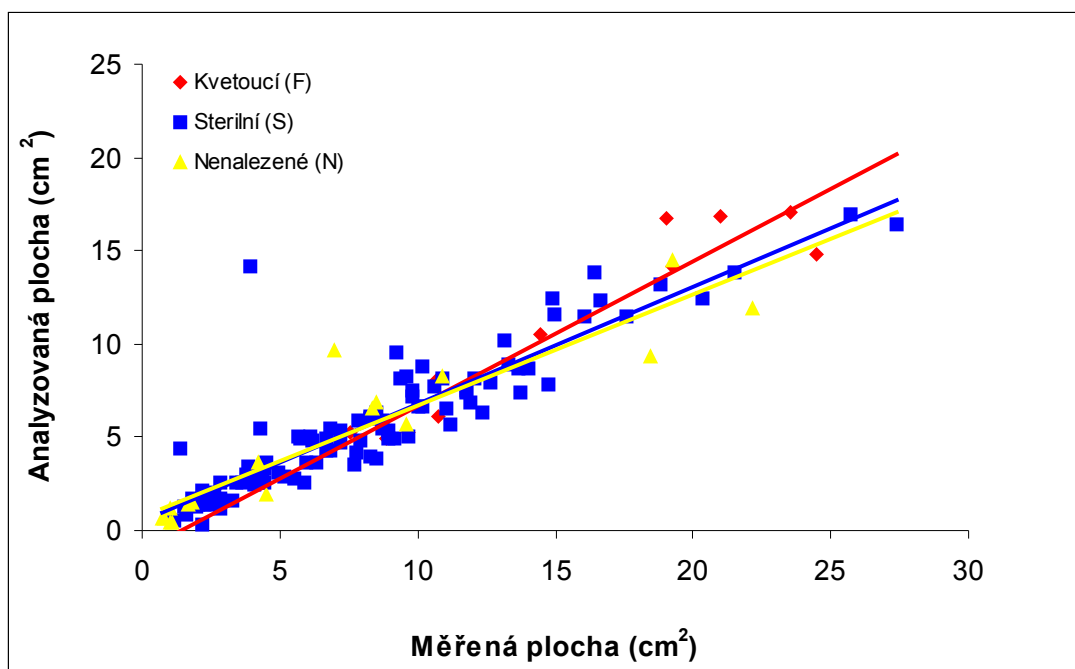
Graf 12: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem rostlin na podzim v roce 2008.



Tab. 10: Statistické údaje pro jednotlivé kategorie v roce 2008

Kategorie	Průměr LP (cm ²)	S.D. LP	Průměr IZ	S.D. IZ	Počet
Kvetoucí	12,2	0,4	1,7	0,4	33
Sterilní	6,7	4	1,4	0,3	91
Nenalezené	5,1	4,8	1,4	0,4	9

Graf 13: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem rostlin na podzim v roce 2009.



Tab. 11: Statistické údaje pro jednotlivé kategorie v roce 2009

Kategorie	Průměr LP	S.D. LP	Průměr IZ	S.D. IZ	Počet
Kvetoucí	15,4	5,9	1,5	0,2	11
Sterilní	8,1	5,4	1,5	0,6	101
Nenalezené	7,1	6,8	1,5	0,5	17

5.4 Energetická náročnost kvetení

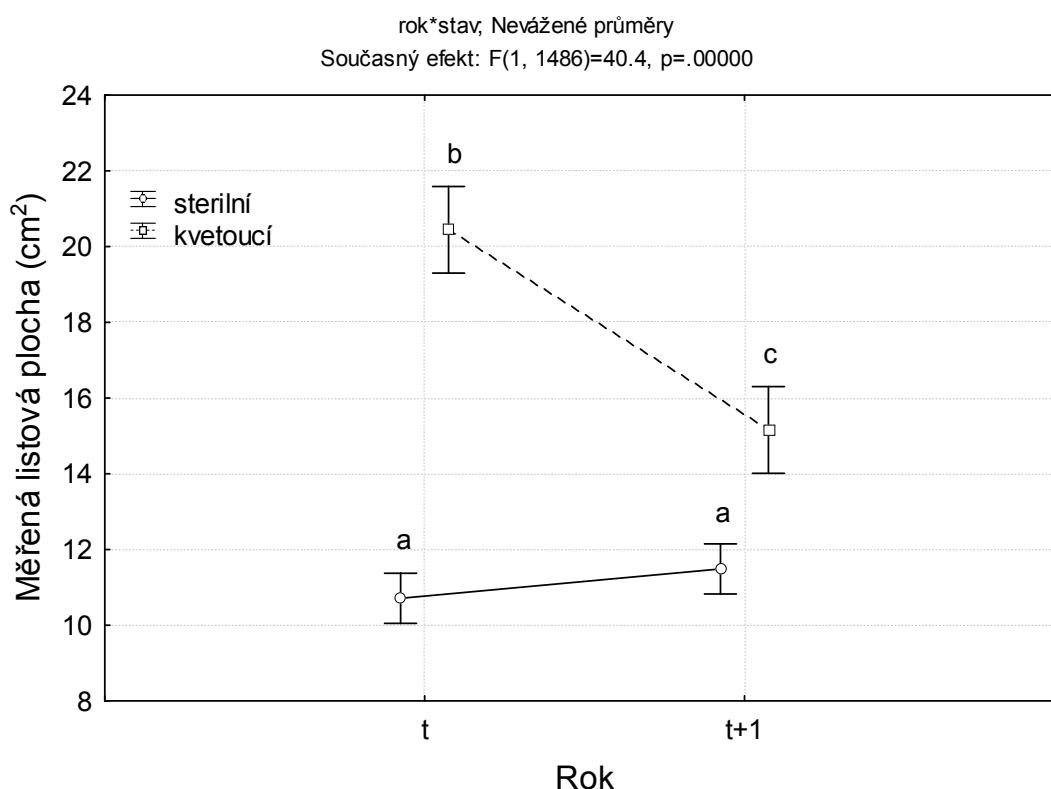
Analýza variance ukázala, že kvetení je pro rostliny energeticky náročné, neboť listová plocha rostlin kvetoucích v roce t byla průkazně větší než v roce následujícím ($t+1$) (statisticky průkazná interakce rok * stav $F_{(1,1486)} = 40,4$, $P < 0.001$, tab. 12 a graf 14). U sterilních rostlin nebyly rozdíly v letech t a $t+1$ statisticky průkazné.

Tab. 12: Vliv kvetení na velikost plochy v roce t a $t+1$.

Stav rostliny v roce t	Rok	Měřená listová plocha \pm S.D.	Tukey test pro průměrnou listovou plochu
Sterilní	t	$10,7 \pm 7,2$	A
	$t+1$	$11,5 \pm 7,9$	A
Kvetoucí	t	$20,4 \pm 8,9$	B
	$t+1$	$15,2 \pm 9,2$	C

Tukey test – stejná písmena značí statisticky neprůkazné rozdíly mezi kategoriemi na hladině ($P < 0,05$). Vysvětlení zkratky: S.D. – směrodatná odchylka.

Graf 14: Vliv kvetení na velikost listové plochy v roce t a $t+1$.



Graf zobrazuje průměry a konfidenční intervaly. Stejná písmena označují statisticky neprůkazné rozdíly mezi skupinami ($P > 0.05$).

6. DYNAMIKA PŘEŽÍVÁNÍ A KVETENÍ *S. SPIRALIS*

Data z dlouhodobého monitoringu (od roku 1986) druhu *Spiranthes spiralis* na lokalitě NPP Pastviště u Fínů ukazují, že jak celkový počet jedinců, tak i počet kvetoucích rostlin vykazují meziročně značné výkyvy (graf 15 a tabulka 15).

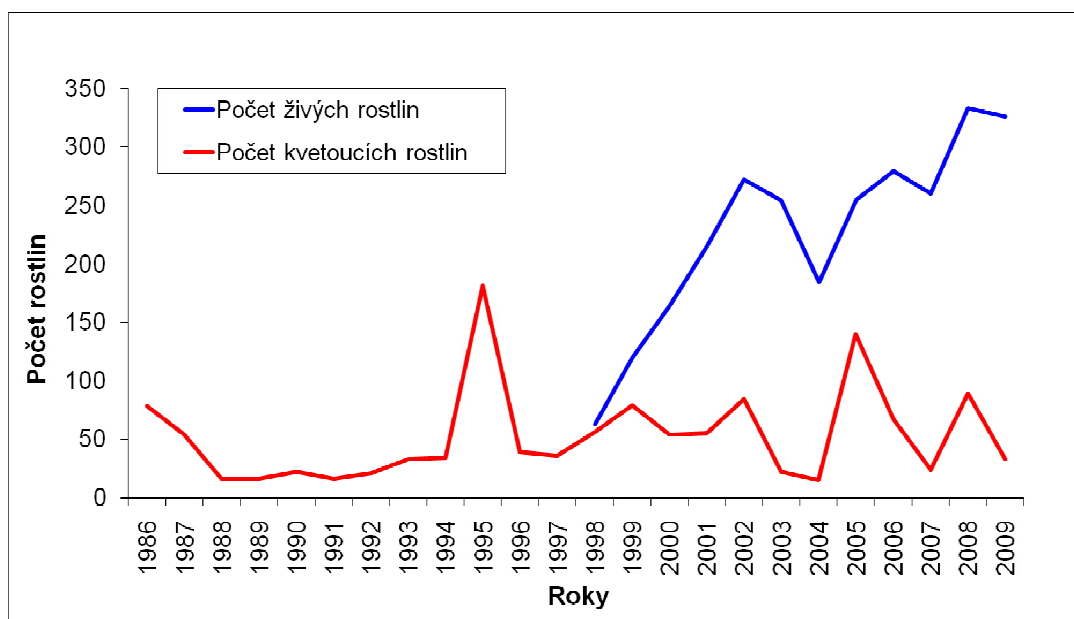
Od roku 1986 do roku 1988 počet kvetoucích rostlin mírně klesal (ze 78 na 16 rostlin). Okolo této hodnoty se pak počet kvetoucích rostlin pohyboval dalších 6 let, tedy až do roku 1994. V roce 1995 byl zaznamenán nejvyšší počet kvetoucí rostlin za celou dobu monitoringu (181 jedinců). V následujícím roce 1996 však došlo k propadu na 39 kvetoucích jedinců, podobná data byla zaznamenána i o rok později. Sterilní rostliny nebyly v tomto období sledovány.

Monitorování sterilních rostlin bylo zahájeno v roce 1998, od začátku došlo k narůstání počtu živých rostlin, jež vyvrcholilo v roce 2002 počtem 272 jedinců. Počet kvetoucích rostlin v tomto období mírně kolísal okolo 50 jedinců. Následoval razantní pokles v období let 2003 a 2004: v roce 2003 došlo u živých rostlin k propadu, tento propad zaznamenal i počet kvetoucích rostlin, kterých bylo v roce 2004 pouhých 15 jedinců.

V roce 2005 došlo k poměrně výraznému vzestupu počtu živých i kvetoucích rostlin – u kvetoucích byl dokonce zaznamenán druhý nejvyšší počet za dobu monitoringu, 140 rostlin. Zatímco v následujícím roce 2006 počet zaznamenaných živých rostlin stále narůstal, počet kvetoucích rostlin klesal a v roce 2007, kvetlo pouhých 24 rostlin. V tomto roce však klesl i počet živých rostlin.

V roce 2008 zaznamenaly obě skupiny opět vzestup, dokonce bylo zaznamenáno nejvíce živých rostlin v celé historii pozorování (333 jedinců). V posledním roce 2009 byl zaznamenán mírný pokles počtu živých rostlin (326 jedinců) a poměrně výrazný pokles u rostlin kvetoucích (33 jedinců).

Graf 15: Fluktuace počtu jedinců *S. spiralis* v NPP Pastviště u Fínů v letech 1986 až 2009. Sterilní rostliny jsou zaznamenávány až od roku 1998 (IPSER et al., 2009)



Podrobnější informace o dynamice vývoje populace *S. spiranthes* v NPP Pastviště u Fínů v posledních letech (2000–2009) dokresluje tabulka 13.

Tab. 13: Životní fáze jedinců *S. spiralis* na sledovaných pozicích výskytu a pravděpodobnosti přechodu mezi jednotlivými životními fázemi během dvou po sobě jdoucích vegetačních sezón (BRABEC, 2009).

přechod mezi roky $t \rightarrow t+1$	Rok t / rok $t+1$									průměr
	2000/ 2001	2001/ 2002	2002/ 2003	2003/ 2004	2004/ 2005	2005/ 2006	2006/ 2007	2007/ 2008	2008/ 2009	
počet R (v roce t)	70	104	126	166	123	73	139	170	156	125
R (t)→R (t+1) (%)	75,7	62,5	81,7	57,8	44,7	71,2	72,7	64,1	74,4	67,2
R (t)→F (t+1) (%)	11,4	22,1	5,6	3,01	48,8	19,2	8,6	20,6	5,1	16
R (t)→E (t+1) (%)	12,9	15,4	12,7	39,2	6,5	9,59	18,7	15,3	19,2	16,6
počet F (v roce t)	49	47	73	17	15	119	62	23	78	54
F (t)→F (t+1) (%)	36,7	40,4	13,7	23,5	93,3	33,6	12,9	30,4	6,4	32,3
F (t)→R (t+1) (%)	61,3	51,1	78,1	58,8	6,67	58	85,5	60,9	39,7	55,6
F (t)→E (t+1) (%)	2	8,5	8,2	17,6	0	8,4	1,6	8,7	3,8	6,5
počet R+F (tj. živých v roce t)	119	151	199	183	138	192	201	193	234	179
R+F (t)→E (t+1) (%)	8,4	13,2	11,1	37,2	5,8	8,9	13,4	14,5	15,5	14,2

Procenta vyjadřují podíl jedinců, kteří z jedné fáze (v roce t) přešli do druhé fáze (v roce $t+1$) ku celkovému počtu jedinců v dané fázi v roce t . Celkové počty

v šedých buňkách vyjadřují reálný počet pozorování daného jevu. R = v pozici výskytu růžice neboli nekvetoucí asimilující nadzemní část; F = v pozici výskytu alespoň jedna kvetoucí lodyha; E = pozice výskytu bez jakékoli nadzemní asimilující části.

Z tabulky 13 je zřejmé, že častěji docházelo k extinkci rostlin (E) v pozicích, které byly sterilní (R) než u pozic, které byly kvetoucí (F). U celkového počtu pozic (R+F) docházelo k extinkci s poměrně stabilním průměrem 14,2 %. Výjimku tvoří přechod mezi roky 2003/2004, kdy uhynulo 37,2 % tehdy známých pozic. Další zajímavou skutečností je, že přechod z F→F má větší pravděpodobnost než přechod z R→F, a to v průměru 32,3 % versus 16 %.

Tab. 14 Pravděpodobnost přechodu kvetoucích jedinců *S. spiralis* v roce *t* do životní fáze v následujícím roce *t+1* (%).

	Rok t												suma	%
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009		
Celkový počet kvetoucích rostlin v roce t	56	79	54	55	84	22	15	140	67	24	89	33	718	-
Počet rostlin v roce t, u kterých je známa životní fáze v roce (t + 1)	35	49	30	31	60	8	5	96	45	17	65	-	441	100
F (t) na F (t + 1) v %	29	22	27	35	10	25	80	28	11	35	7,7	-	95	21,5
F (t) na R (t + 1) v %	63	59	70	48	82	75	20	63	89	53	82	-	305	69,2
F (t) na E (t + 1) v %	8,6	18	3,3	16	8,3	0	0	9,4	0	12	11	-	41	9,3

Z celkového počtu 718 kvetoucích jedinců v letech 1998 až 2009 je známa životní fáze v následujícím roce u 441 jedinců (pro rok 2009 nejsou hodnoty ještě známy). Ostatní případy nelze analyzovat, protože se jednalo obvykle o rostliny na pozicích s výskytem většího množství exemplářů.

Vysvětlení zkratk: R – sterilní rostliny, F – kvetoucí rostliny, E – nenalezené rostliny.

Tabulka 14 dokresluje informace o kvetoucích rostlinách. Jsou v ní obsaženy jen rostliny, u kterých je bezpečně známa životní fáze v následujícím roce (jde především o pozice s jednou růžicí). Přechod z fáze F na F, tedy opakované kvetení dva roky po sobě, má během jedenáctiletého pozorování pravděpodobnost 21,5 %. V jednotlivých letech lze pozorovat jisté výkyvy, nejmenší byla tato pravděpodobnost v roce 2008, kdy opakovaně v roce 2009 kvetlo pouze 7,7 % exemplářů z roku 2008. Naopak největší byla tato pravděpodobnost v roce 2004, kdy

opakovaně v roce 2005 kvetlo 80 % exemplářů z roku 2004. Pravděpodobnost přechodu kvetoucí fáze (F) do stavu pravděpodobného uhynutí (E) je necelých 10 %.

7. DISKUSE

Základním předpokladem pro účinnou ochranu kriticky ohrožené orchideje *S. spiralis* je zjistit, jaké faktory prostředí tento druh ovlivňují a limitují. Na základě těchto informací, lze zvolit vhodný management, zajišťující přežití celé populace a přispět k celkové ochraně druhu.

Cíle kladené v první části se zabývají obecnými otázkami. První podotázkou bylo, zda má velikost listové plochy vliv na kvetení. U většiny druhů terestrických orchidejí byla prokázána nutnost dosažení určité velikosti listové plochy před vykvetením (WILLEMS, 1982; WELLS et COX, 1989). Tuto domněnku se podařilo statisticky ověřit a potvrdit i u studované populace *S. spiralis* (viz graf 1). WILLEMS et LAHTINEN, (1997) uvádějí, že kvetoucí růžice v roce t , mají následující rok menší listovou plochu. Což může mít za následek to, že shodní jedinci s 80 % pravděpodobností nekvétou dva roky po sobě (WILLEMS et DORLAND, 2000). Tento fakt byl vyzorován u populace v „Berghofsweide“ (Nizozemí). Podobné výsledky byly získány i u populace v NPP Pastviště u Fínů (během pozorování od roku 1998), pravděpodobnost opakovaného kvetení dva roky po sobě je 21,5 % (viz tabulka 14). Přestože by se z tabulky 13 mohlo zdát, že opakované kvetení má vyšší pravděpodobnost (32 %), není tomu tak, protože v tabulce 13 se jedná o pozice výskytu, tedy nikoli o jedince, u nichž lze bezpečně určit životní fázi v následujícím roce. Do tabulky 14 jsou zařazeny pouze rostliny, u nichž je definitivně známa životní fáze v následujícím roce, většinou se jedná o pozice s výskytem jedné rostliny. Podobně tomu bylo i v pokusu z Nizozemí, kde byly vyhodnocovány pouze samostatně rostoucí rostliny. V obou populacích však lze pozorovat i rostliny, které kvetou tři a více let za sebou. U populace v NPP Pastviště u Fínů bylo doposud takovýchto pozic výskytu zaznamenáno 31 (3 roky po sobě – 15 pozic výskytu; 4 roky po sobě – 11 pozic výskytu; 5 let po sobě – 4 pozice výskytu; 6 let po sobě – 1 pozice výskytu). Z dosavadních výsledků je patrné, že velikost listové plochy neovlivňuje pouze kvetení či nekvetení rostliny, ale zároveň ovlivňuje i počet květů na květním stvolu a délku tohoto stvolu, protože počet květů úzce koreluje s délkou květního stvolu (viz graf 2).

Základním cílem bakalářské práce bylo zjistit, jak zastínění rostliny okolní vegetací ovlivňuje její životaschopnost (přežití, vykvetení, vegetativní rozmnožení,

apod.). Metodika vytvořená k ověření této hypotézy vycházela z představy, že nezastíněné listové růžice mají listy široké, dobře vyvinuté a přitisklé k zemi, zatímco zastíněné listové růžice mají listy užší, vztyčené od země. Tento jev pozoroval i WILLEMS et al., (2001). Z tohoto předpokladu vycházel i originální vzorec pro výpočet indexu zastínění, který kalkuloval s tím, že čím menší byla analyzovaná listová plocha proti ploše změřené, tím větší bylo i zastínění.

Výsledky z porovnávání měřené a analyzované listové plochy, zjištěné na jaře v roce t , se stavem rostliny (kvetoucí, sterilní, nenalezená) na podzim v roce t však nebyly průkazné (viz graf. 3). Regresní křivky, zobrazující indexy zastínění, jsou uspořádány podle očekávání, ale sklony těchto křivek nemají mezi sebou dostatečně velký rozchod. Domnívám se, že množství dat z desetiletého pozorování je dostatečné proto, aby se určité trendy, pokud by existovaly, mohly projevit.

Ještě problematictější jsou grafy, vytvořené pro jednotlivé roky zvlášť (viz grafy 4–13). Regresní křivky zde opět zobrazují index zastínění. Rozložení těchto křivek je výrazně rozdílné. Svoji roli zde však mohl hrát i nedostatečný počet dat, v jednotlivých kategoriích stavu rostlin (kvetoucí, sterilní, nenalezená rostlina), způsobený tím, že pro analýzy byly vybírány pouze pozice s výskytem jedné růžice. Přitom velké množství kvetoucích rostlin se nacházelo právě v pozicích, kde je růžic několik. Tyto genety však nemohly být do analýz zahrnuty, neboť jsou velmi těsně propleteny a proto u nich nelze meziročně určit, o kterou konkrétní růžici se jedná. (Když koncem května odumře celý shluk listových růžic, těžko lze potom na podzim zjistit, z jaké růžice květonosná lodyha vyrostla.) Ze stejného důvodu vyřazovali shluky růžic z pokusů i WILLEMS et DORLAND, (2000).

Během analýz jsem se pokoušel rostliny z jednotlivých let ještě detailněji rozdělovat, a to dvěma způsoby. Jednak rozdělením růžic na „velké“ a „malé“, tj. na rostliny „mladé“, které ještě nejsou natolik „velké“, aby mohly kvést a na rostliny tzv. „dospělé“. I při tomto rozdělení vycházely podobně rozporuplné výsledky jako u předchozích pokusů (viz grafy 16–35 v příloze). Problémem bylo i to, jak definovat „velkou“ a „malou“ listovou růžici. V úvahu připadaly dvě možnosti: buď stanovit hranici mezi „velkými“ a „malými“ růžicemi nějakou konstantou pro všechny roky společnou (což by naráželo na problém, že vlivem průběhu počasí během sezóny se velikosti listových ploch růžic v jednotlivých letech liší), nebo rozdělit v každém roce analyzované rostliny na dvě přibližně stejné poloviny, jak to bylo provedeno

u grafů 16–35 (viz příloha). Další pokus o rozdělení spočíval v tom, že byly vybrány růžice vždy z určitého místa na lokalitě (vegetace se v různých částech populace mírně liší). I od tohoto rozdělení bylo však nakonec upuštěno, protože se ukázalo, že růžice z různých stanovišť mají přibližně stejný index zastínění.

Z analýz vyplývá, že index zastínění na jaře roku t pravděpodobně nemá vliv na stav rostliny na podzim roku t . To odporuje výsledkům z Nizozemí (WILLEMS et al., 2001), které naznačují, že zastínění má na životaschopnost (fitness) rostliny vliv. WILLEMS et al., (2001) při pokusech používali dvě úrovně experimentálního zastínění listových růžic, jedno zabraňovalo průniku 75 % a druhé 99 % slunečního záření na listy (viz kapitola 3.2.8). Zastínění bylo na vybraných rostlinách ponecháno po celou dobu fotosyntetické aktivity. V experimentu uhynulo velké množství rostlin, což pravděpodobně způsobilo zastínění (WILLEMS et al., 2001). Avšak za uhynutím může stát více dalších faktorů. Způsob jakým bylo zastínění provedeno, mohlo vést i ke změně mikroklimatu v blízkém okolí růžice (např. ke změně vlhkosti, proudění vzduchu, apod.).

Na základě výsledků, zabývajících se rychlostí růstu listové plochy a množstvím semen v tobolce (WILLEMS et al., 2001) byl *S. spiralis* označen za druh mírně tolerantní k zastínění. I z tohoto důvodu se stále domnívám, že zastínění má na životaschopnost rostliny určitý vliv. Tento vliv však mohl být na Pastvišti U Fínů překrytý jinými faktory prostředí, např. průběhem počasí v sezóně apod. Ověření této domněnky by mělo být předmětem budoucího zkoumání. Přesto nelze vyloučit ani variantu, že vliv zastínění má skutečně zanedbatelný vliv na životaschopnost rostlin. Stejně tak i v práci JANEČKOVÁ et al., (2006) zabývajících se druhem *Dactylorhiza majalis* nebyla pravděpodobnost kvetení mezi mírně a silně zastíněných rostlin v následujícím roce statisticky prokázána. Tento druh však, na rozdíl od *S. spiralis*, obývá jiný typ stanoviště, nejčastěji se jedná o podmáčené louky či pastviny, proto je otázkou, nakolik lze vlivy zastínění mezi těmito druhy porovnávat.

Dalšími možnostmi vysvětlení, proč se nepodařilo vypozařovat výrazný vliv zastínění na rostliny, je špatný metodický předpoklad, nebo ovlivnění při vlastním monitoringu.

Špatným metodickým předpokladem by mohla být mylná představa o tom, že zastíněné růžice mají více vztyčené listy oproti rostlinám nezastíněným. Ovšem tento

jev byl pozorován nejen v práci Willemse a kolektivu (WILLEMS et al., 2001), ale je pravidelně subjektivně pozorován přímo na studované lokalitě.

Při vlastním monitoringu dochází k nechtěnému, avšak nevyhnutelnému ovlivnění okolí rostlin během sběru dat. Jak při hledání jednotlivých růžic, tak především před fotografováním je nutné v okolí pozice růžic částečně odstranit okolní vegetaci. Tento faktor, ovlivňující rostliny dvakrát ročně, může mít za následek „smazání“ rozdílů v životaschopnosti mezi tzv. zastíněnými a nezastíněnými růžicemi. Především jarní měření může mít relativně výrazný vliv. Provádí se sice na konci asimilační periody zkoumaných růžic (tj. v období těsně před „zatahováním“ růžic), nicméně intenzita i relativní doba oslunění jsou na počátku května velmi vysoké. Je možné, že množství vytvořených asimilačních látek v období mezi monitoringem (počátek května) a úplným odumřením nadzemní části rostliny (obvykle v období kolem poloviny května) je v celkové celoroční bilanci velmi významné. Stejně tak je nutné mít na vědomí, že vlastní dohledávání růžic (na jaře i na podzim) a určitě „pročištění“ okolí růžice při fotografování (pouze na jaře), do jisté míry ovlivňuje hustotu porostu (a tím i zastínění) i ve vzdálenější budoucnosti, tj. za několik měsíců. Všechny monitorované rostliny se tak z hlediska míry zastínění mohou nacházet v relativně optimálních podmínkách.

Práce se dále zabývá zhodnocením energetické náročnosti kvetení. Fakt, že kvetení je energeticky náročné, byl potvrzen u celé řady rostlin. Výsledky, získané v této práci, byly statisticky průkazné (viz tabulka 12 a graf 14). K energetické náročnosti kvetení se vyjadřují i JACQUEMYN et al., (2007). Zmiňují, že právě energetická náročnost nemůže vysvětlovat synchronizovaná nekvetení v určitých letech. Domnívají se rovněž, že dalším významným faktorem, ovlivňujícím kvetení, jsou klimatické podmínky (zejména průběh počasí v jednotlivých sezónách).

Poslední, samostatná část bakalářské práce, je věnována popisu dynamiky přežívání a kvetení *S. spiralis* v NPP Pastviště u Fínů. Nejvýraznější propad kvetoucích jedinců byl pozorován v letech 2003 až 2004 (viz graf 15). Příčinou tohoto propadu byla s největší pravděpodobností extrémně suchá a teplá vegetační sezóna v roce 2003. V důsledku nedostatku vláhy docházelo k vysychání půdy, čímž výrazně zřídla hustota vegetačního krytu. V tomto roce uhynulo na následky sucha i velké množství exemplářů *S. spiralis*. Propad v počtu živých rostlin se projevil při sčítání rostlin v roce 2004. Rostliny, jež přežily extrémní rok 2003, byly tak

oslabené, že vykvetlo pouze 15 rostlin, nepomohl jim ani na srážky příznivý rok 2004. Rostliny, kvetoucí v rozmezí let 2003 až 2004, se nacházely na zastíněných místech území. Příčinou rapidního nárůstu kvetoucích rostlin v roce 2005 byla pravděpodobně kombinace minimálního zastínění vegetací, po extrémně suchém roce 2003 a zároveň již zmíněného, na srážky příznivého roku 2004. Výkyvy v počtu kvetoucích rostlin v letech 2006 až 2009 a propady v letech 2007 a 2009 prozatím nelze jednoznačně vysvětlit. Za poklesem kvetoucích rostlin v roce 2007 mohla opět stát sušší vegetační sezóna, konkrétně nízký úhrn srážek v zimě mezi lety 2006 a 2007. Ještě spekulativnější je propad počtů kvetoucích rostlin v roce 2009. Je možné, že příčinou tohoto poklesu by mohl být zvýšený a časný nárůst vegetace, oproti minulým rokům, zapříčiněný vlhčím počasím. Tím mohlo dojít k výraznému zastínění, které ovlivnilo asimilační možnosti jednotlivých růžic.

8. ZÁVĚRY:

- Pomocí obrazové analýzy fotografií a biometrických dat druhu *Spiranthes spiralis* byl zkonstruován tzv. index zastínění.
- Bylo ověřeno využití tohoto indexu na souboru převzatých dat – hypotéza, že míra zastínění okolní vegetací, vyjádřená pomocí indexu zastínění, určuje životaschopnost rostliny, však nebyla potvrzena. Bylo zjištěno, že vliv míry zastínění listových růžic na kvetení je zanedbatelný nebo „překrytý“ jinými faktory.
- Bylo zjištěno, že pravděpodobnost kvetení, počet květů a výška květního stvolu u *S. spiralis* byla ovlivněna velikostí listové plochy, přitom počet květů byl kladně korelován s délkou květního stvolu.
- Na základě rozdílu ve velikosti listových ploch mezi sterilními a kvetoucími růžicemi byla prokázána energetická náročnost kvetení.
- Byla zpracována data z dlouhodobého monitoringu a k publikaci připraven text, zabývající se dynamikou přežívání (od roku 1998) a kvetení (od roku 1986) studovaného druhu.

9. SEZNAM LITERATURY

ARDITTI, J. et GHANI, A. K. A. (2000). Numerical and physical properties of orchid seeds and their biological implications. *New Phytologist* 145, 367–421.

BRABEC, J., KŘENOVÁ, Z. et NESVADBOVÁ, J. (2004): Švihlík krutiklas – pozoruhodný druh květeny ČR. *Živa* 5, 209–211.

BRABEC, J. (2009): Studie švihlíku krutiklasu (*Spiranthes spiralis*) na lokalitě Pastviště u Fínů. Ms., p. 11 [Dílčí zpráva projektu VaV 2B06178 Priority druhové ochrany cévnatých rostlin; depon in: ústřední pracoviště AOPK ČR, Praha.]

BRABEC, J. (2010): in verb., Museum Cheb.

DRESSLER, R. L. (1993): Phylogeny and classification of the orchid family, Timber Press, Portland, Oregon, p. 314.

DYKYJOVÁ, D. (2003): Ekologie středoevropských orchidejí. Kopp, České Budějovice, p. 120.

CHYTRÝ M., KUČERA, T. et KOČÍ, M. [eds] (2001): Katalog biotopů České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, p. 307.

IPSER, Z., BRABEC, J., JERSÁKOVÁ, J., BALOUNOVÁ, Z. et NESVADBOVÁ, J. (2009): Dlouhodobý monitoring populace švihlíku krutiklasu v NPP Pastviště u Fínů (poster). Konference České botanické společnosti: Parazitické, poloparazitické a mykoheterotrofní rostliny. Praha 28.–29. 11. 2009.

JACQUEMYN, H., BRYN, R., HERMY, M. et WILLEMS, J. H. (2007): Long-term dynamics and population viability in one of the last populations of the endangered *Spiranthes spiralis* (*Orchidaceae*) in the Netherlands. *Biological conservation* 134, 14–21.

JANEČKOVÁ, P., WOTAVOVÁ, K., SCHÖDELBAUEROVÁ, I., JERSÁKOVÁ, J. et KINDLMANN, P. (2006): Relative effects of management and environmental conditions on performance and survival of populations of a terrestrial orchid, *Dactylorhiza majalis*. *Biological conservation* 129, 40–49.

JATIOVÁ, M., et ŠMITÁK, J. (1996): Rozšíření a ochrana orchidejí na Moravě a ve Slezsku. AOPK ČR, Brno, p. 552.

JERSÁKOVÁ, J., et KINDLMANN, P. (2004): Zásady péče o orchidejová stanoviště. Kopp, České Budějovice, p. 120.

KUBANDOVÁ, M., VLČKO, J., DÍTĚ, D., JASÍK, M. et KOLNÍK, M. (2002): Výsledky monitoringu, ohrožení a možnosti záchrany populací druhu *Spiranthes spiralis* (L.) Chevall. na severovýchodnom Slovensku. *Ochrana přírody, Banská Bystrica*, 21, 15–29.

KUBÁT, K., HROUDA, L., CHRTEK, J. JUN., KAPLAN, Z., KIRSCHNER, J. et ŠTĚPÁNEK, J. [eds] (2002): Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha, 928 p.

NASH, N. et LA CROIX, I. (2007): Orchideje. Computer Press, Brno, p. 368.

NESVADBOVÁ, J., ČEČIL, F., GRYC, J., HOSTIČKA, M., KRAFT, J., NEDOROSTOVÁ, B., SOFRON, J., VANĚČEK, J., VONDRÁČEK, M. et ŽÁN, M. (1987): Chráněný přírodní výtvar Pastviště U Fínů. – Ms. 81 p., 17 map., 23 photo. [Inventarizační průzkum; depon. in: AOPK ČR, středisko Plzeň]

NESVADBOVÁ, J., BRABEC, J., MATĚJKOVÁ, I. et KŘENOVÁ, Z. (2003) [2006]: Populační biologie *Spiranthes spiralis* (L.) Chevall. na tradičně obhospodařované lokalitě „NPP Pastviště u Fínů“, In: PIVNIČKOVÁ M [ed.] (2003) [2006]: Sborník dílčích zpráv z grantového projektu VaV 610/10/00 „Vliv hospodářských zásahů na změnu v biologické rozmanitosti ve zvláště chráněných územích“. Příroda, supplementum, 189–195, 386.

POTŮČEK, O. et ČAČKO, L. (1996): Všechno o orchidejích. Slovart, Praha, p. 96.

PROCHÁZKA, F. et VELÍSEK, V. (1983): Orchideje naší přírody. Academia, Praha, p. 284.

PROCHÁZKA, F. [ed.] (2001): Černý a červený seznam cévnatých rostlin ČR. AOPK ČR. Příroda, 1–166.

PRŮŠA, D. (2005): Orchideje České republiky. Computer press, Brno, p. 192.

RAMÍREZ, S. R., GRAVENDEEL, B., SINGER, R. B., MARSHALL, C. R. et PIERCE, N. E. (2007): Dating the origin of the Orchidaceae from a fossil orchid with its pollinator, *Nature* 448 (7157), 1042-5.

REJNKOVÁ, T. (2009): in verb., Správa Chráněné krajinné oblasti Blanský les.

SKALICKÝ, V. (1988): Regionálně fytogeografické členění. In: HEJNÝ, S. et SLAVÍK, B. [eds], Květena České republiky. 1., 103–121, Academia, Praha.

SLADKÝ, J. et LIŠKOVÁ, D. [2004?]: Plán péče pro Národní přírodní památku Pastviště u Fínů a její ochranné pásmo na období 2005–2014. Ms., 17 p. [Depon. in: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, středisko Plzeň.]

WELLS, T. C. E. (1981): Population ecology of terrestrial orchids. In: Syngé, H. (Ed.), *The Biological Aspects of Rare Plant Conservation*. Wiley, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, 281–295.

WELLS, T. C. E. et COX, R. (1989). Predicting the probability of the bee orchid (*Ophrys apifera*) flowering or remaining vegetative from the size and number of leaves. In: Pritchard, H.W. (Ed.), *Modern Methods in Orchid Conservation, The Role of Physiology, Ecology and Management*. Cambridge University Press, Cambridge, 129–141.

WILLEMS, J. H. (1982): Establishment and development of a population of *Orchis simia* Lamk. in The Netherlands, 1972 to 1981. *New Phytologist* 91, 757–765.

WILLEMS, J. H. (1989): Population dynamics of *Spiranthes spiralis* in South-Limburg, The Netherlands. *Mém. Soc. Roy. Bot. Belgique* 11, 115–121.

WILLEMS, J. H. et LAHTINEN, M. L. (1997): Impact of pollination and resource limitation on seed production in a border population of *Spiranthes spiralis* (*Orchidaceae*). *Acta Botanica Neerlandica* 46, 365–375.

WILLEMS, J. H. et MELSER, C. (1998): Population dynamics and life-history of *Coeloglossum viride* (L.) Hartm.; an endangered orchid species in The Netherlands. *Bot. J. Linn. Soc.* 126, 83–93.

WILLEMS, J. H. et DORLAND, E. (2000): Flowering frequency and plant performance and their relation to age in the perennial orchid *Spiranthes spiralis* (L.) Chevall. *Plant Biology* 2, 344–349.

WILLEMS, J. H., BALOUNOVÁ, Z. et KINDLMANN, P. (2001): The effect of experimental shading on seed production and plant survival in the threatened species *Spiranthes spiralis* (*Orchidaceae*). *Lindleyana* 16, 31–37.

Software:

StatSoft, Inc. (2009). STATISTICA (data analysis software system), version 9.0. www.statsoft.com.

NIS Elements, varianta Advanced Research, verze 3.0 (SP7, build 555), Laboratory Imaging, s.r.o. Praha, www.lim.cz.

10. PŘÍLOHY

Příloha 1:

Obr. 10: Mapa zásahů a opatření v NPP Pastviště U Fínů

Obr. 11: Mapa pracovních a dílčích ploch NPP Pastviště U Fínů

Příloha 2:

Obr. 12: NPP Pastviště U Fínů - JV část pastviny (září 1986)

Obr. 13: NPP Pastviště U Fínů - JZ část pastviny (září 1986)

Obr. 14: NPP Pastviště U Fínů - JV část pastviny (září 1987)

Obr. 15: NPP Pastviště U Fínů - porost se *Spiranthes spiralis* (září 1987)

Obr. 16: NPP Pastviště U Fínů - porost se *Spiranthes spiralis* (srpen 2009)

Obr. 17: NPP Pastviště U Fínů – pastvina s výskytem *Spiranthes spiralis* (říjen 2009)

Obr. 18: NPP Pastviště U Fínů – pastvina s výskytem *Spiranthes spiralis* (srpen 2009)

Příloha 3

Tab. 15: Postup základních kroků měření u definovaného makra (analýza obrazu)

Příloha 4

Graf 16: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „malých“ rostlin na podzim v roce 2000.

Graf 17: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „velkých“ rostlin na podzim v roce 2000.

Graf 18: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „malých“ rostlin na podzim v roce 2001.

Graf 19: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „velkých“ rostlin na podzim v roce 2001.

Graf 20: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „malých“ rostlin na podzim v roce 2002.

Graf 21: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „velkých“ rostlin na podzim v roce 2002.

Graf 22: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „malých“ rostlin na podzim v roce 2003.

Graf 23: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „velkých“ rostlin na podzim v roce 2003.

Graf 24: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „malých“ rostlin na podzim v roce 2004.

Graf 25: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „velkých“ rostlin na podzim v roce 2004.

Graf 26: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „malých“ rostlin na podzim v roce 2005.

Graf 27: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „velkých“ rostlin na podzim v roce 2005.

Graf 28: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „malých“ rostlin na podzim v roce 2006.

Graf 29: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „velkých“ rostlin na podzim v roce 2006.

Graf 30: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „malých“ rostlin na podzim v roce 2007.

Graf 31: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „velkých“ rostlin na podzim v roce 2007.

Graf 32: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „malých“ rostlin na podzim v roce 2008.

Graf 33: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „velkých“ rostlin na podzim v roce 2008.

Graf 34: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „malých“ rostlin na podzim v roce 2009.

Graf 35: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „velkých“ rostlin na podzim v roce 2009.

Příloha 5

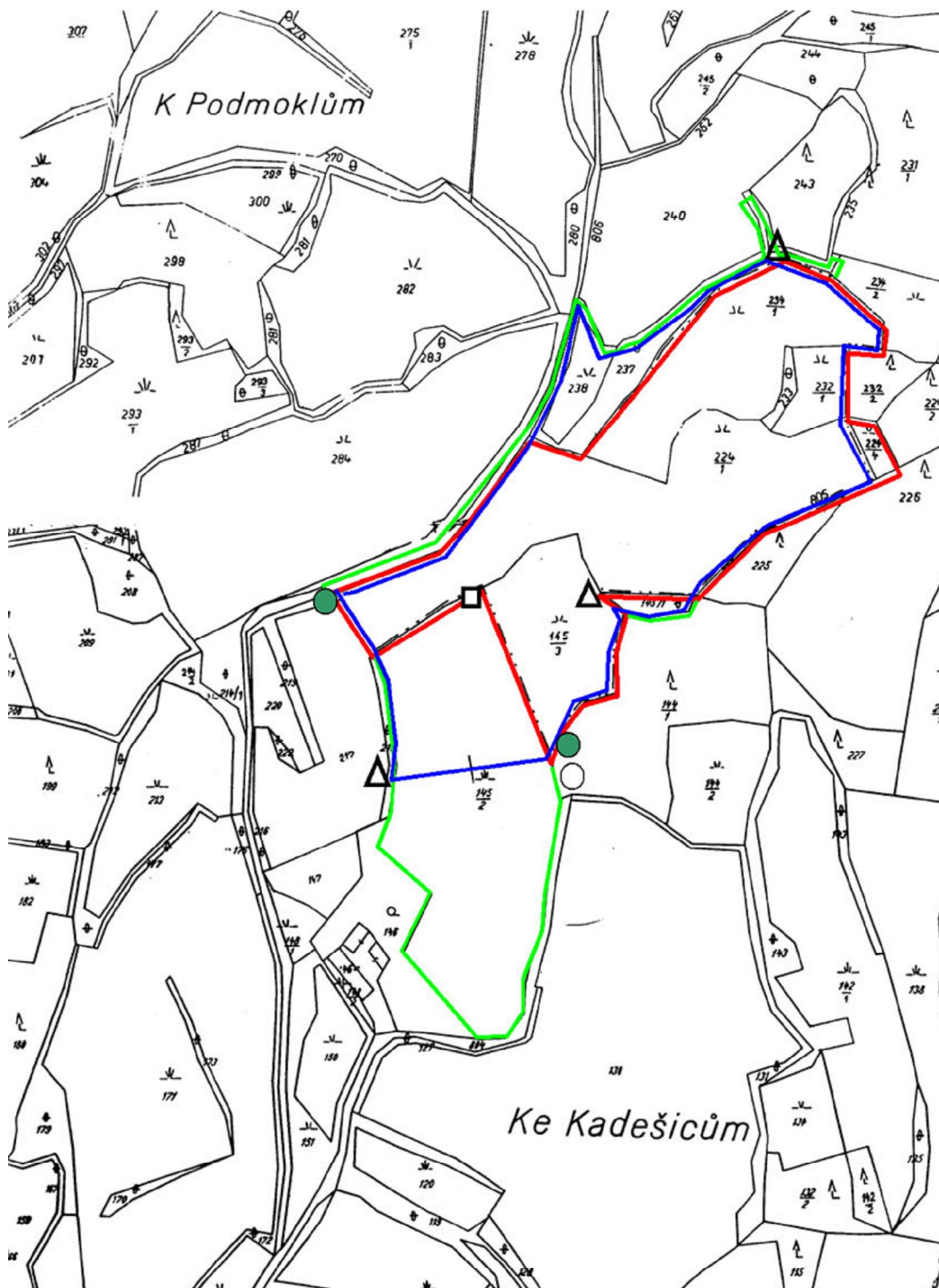
Graf 36: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře v roce t se stavem rostliny na podzim v roce t v průběhu 10 let (2000 až 2009).

Příloha 6

Tab. 15: Sledování početnosti populace *Spiranthes spiralis* v letech 2000–2009.

Příloha 1

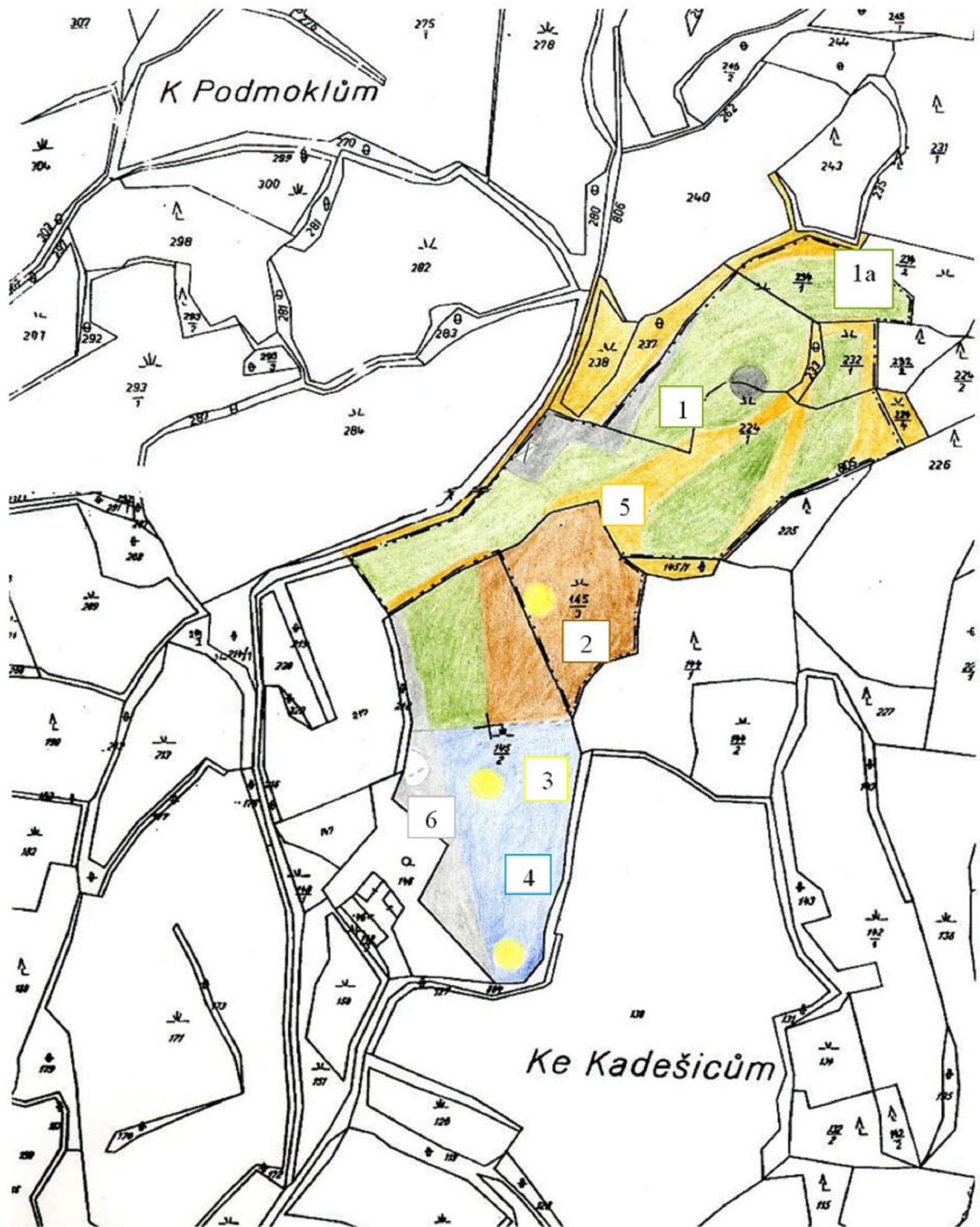
Obr. 10: Mapa zásahů a opatření v NPP Pastviště U Fínů (Plán péče NPP Pastviště u Fínů, AOPK ČR středisko Plzeň)



Legenda:

- hranice NPP
- hranice OP
- současné oplocení
- průchod (vrátka)
- △ přelez
- informační tabule
- úřední tabule

Obr. 11: Mapa pracovních a dílčích ploch NPP Pastviště U Fínů (Plán péče NPP Pastviště u Fínů, AOPK ČR středisko Plzeň)



- Legenda:
- 1-pastviny, 1a-švihlíkoviště
 - 2-rašelinné a slatinné loučky
 - 3-luční prameniště
 - 4-vlhké kosené louky
 - 5-sukcesní porosty dřevin
 - 6-nitrofilní porosty

Příloha 2

Obr. 12: NPP Pastviště U Fínů - JV část pastviny (M. Hostička 24. 9. 1986)



Obr. 13: NPP Pastviště U Fínů - JZ část pastviny (M. Hostička 25. 9. 1986)



Obr. 14: NPP Pastviště U Fínů - JV část pastviny (M. Hostička 18. 9. 1987)



Obr. 15: NPP Pastviště U Fínů - porost se *Spiranthes spiralis* (M. Hostička 18. 9. 1987)



Obr. 16: NPP Pastviště U Fínů - porost se *Spiranthes spiralis* (29. 8. 2009)



Obr. 17: NPP Pastviště U Fínů – pastvina s výskytem *Spiranthes spiralis* (2. 10. 2009)



Obr. 18: NPP Pastviště U Fínů – pastvina s výskytem *Spiranthes spiralis* (31. 8. 2009)



Příloha 3:

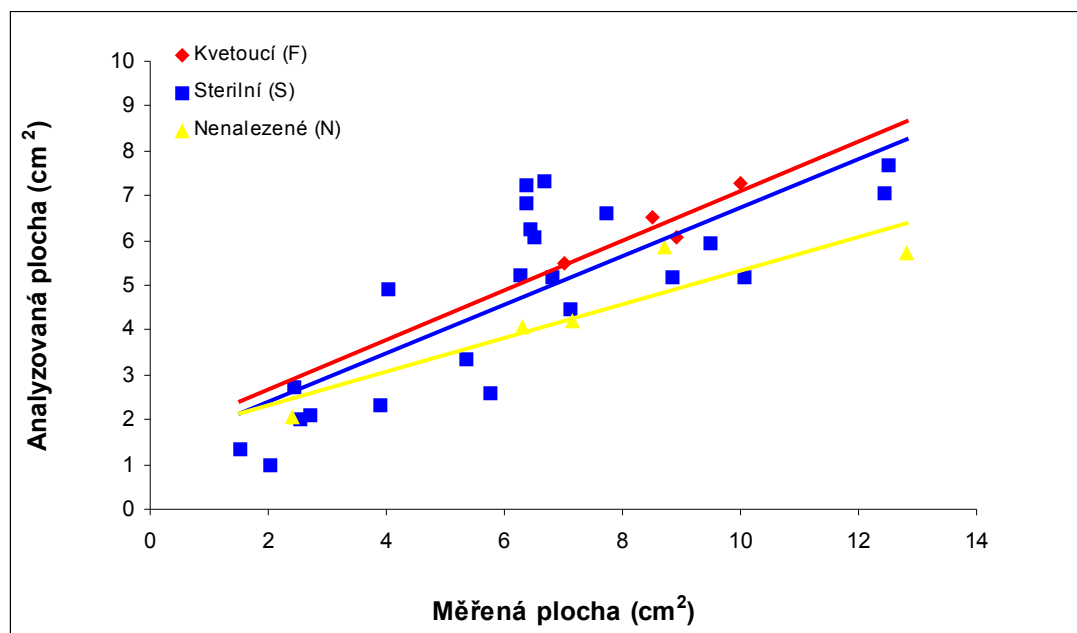
Tab. 15: Postup základních kroků měření u definovaného makra (Analýza obrazu)

Krok	Systém	Uživatel
1		start makra
2	konfigurace systému, odpovídající nastavení interních parametrů	
3	dialog pro výběr excelového souboru kam budou výsledky exportovány	výběr excelového souboru
4	zobrazení dialogu pro výběr obrázku	výběr obrázku
5	otevření obrázku, zobrazení dialogu pro kalibraci (v případě potřeby se tento krok opakuje)	odkliknutí známého rozměru na obrázku a vložení tohoto rozměru v milimetrech
6		ukončení kalibrace
7	výpočet kalibračního faktoru jako průměru ze všech opakování (mm/pixel)	
8	zobrazení nástroje pro vymezení měřeného objektu (plocha)	vymezení měřené oblasti pomocí myši
9	vytvoření binárního obrazu měřeného objektu	
10	změření rozměrů objektu*	
11	export výsledků měření objektu do Excelu (jméno obrázku, kalibrační faktor, změřené rozměry)	
12	další měření (opakování kroků 4–11)	

* Parametry měřené na objektech: Plocha, Obvod, Maximální Feretův průměr, Minimální Feretův průměr.

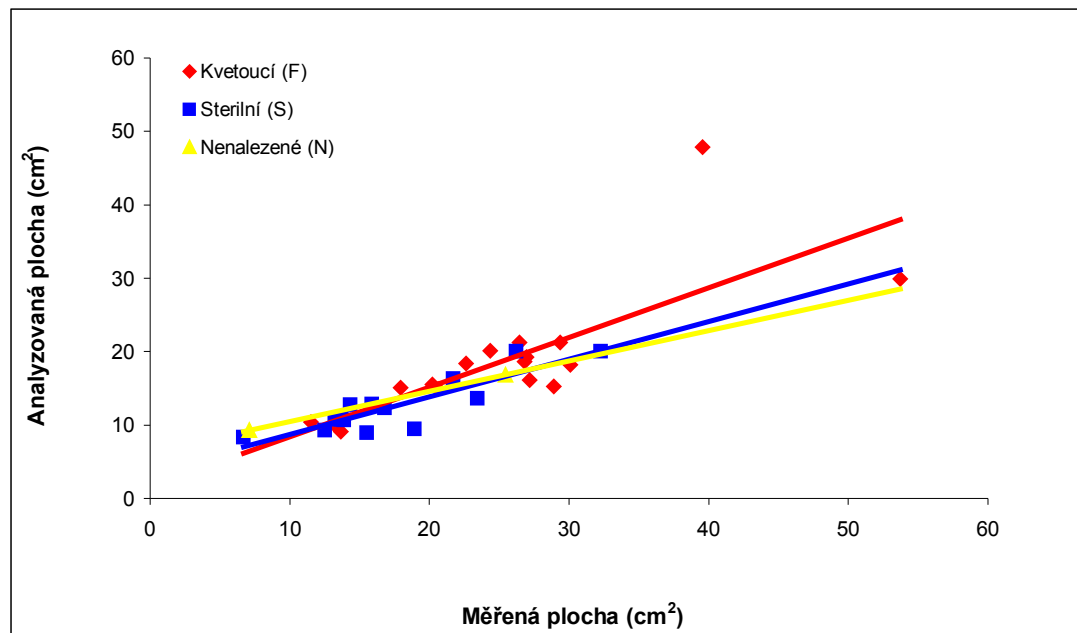
Příloha 4:

Graf 16: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „malých“ rostlin na podzim v roce 2000.



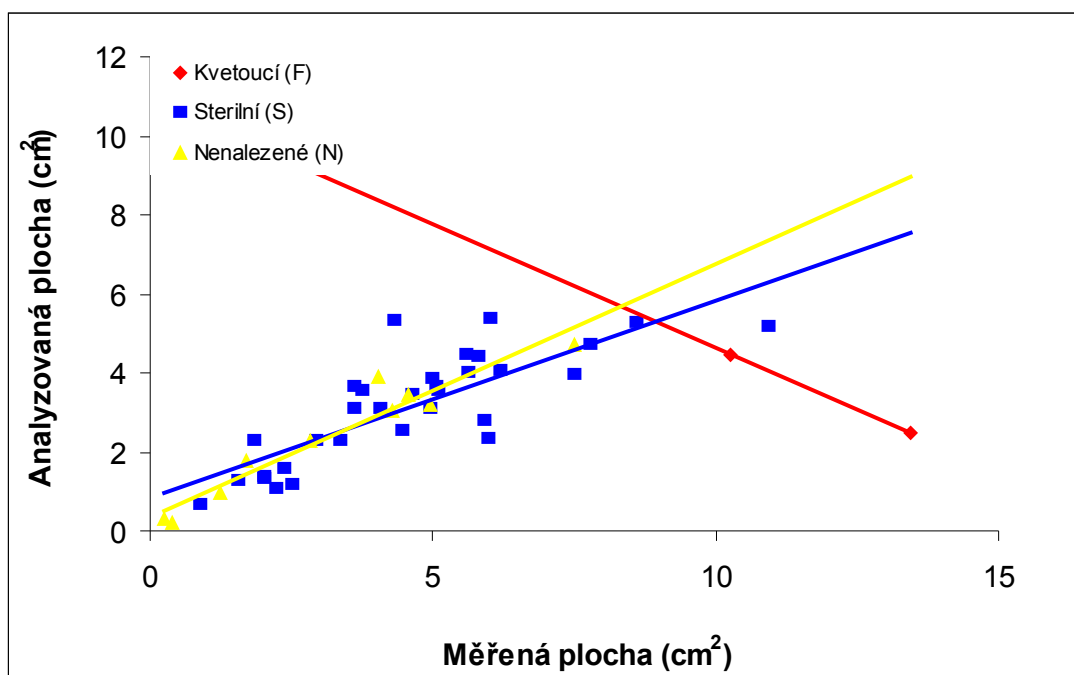
Počty rostlin v jednotlivých kategoriích: kvetoucí – 4, sterilní – 23, nenalezené – 5.

Graf 17: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „velkých“ rostlin na podzim v roce 2000.



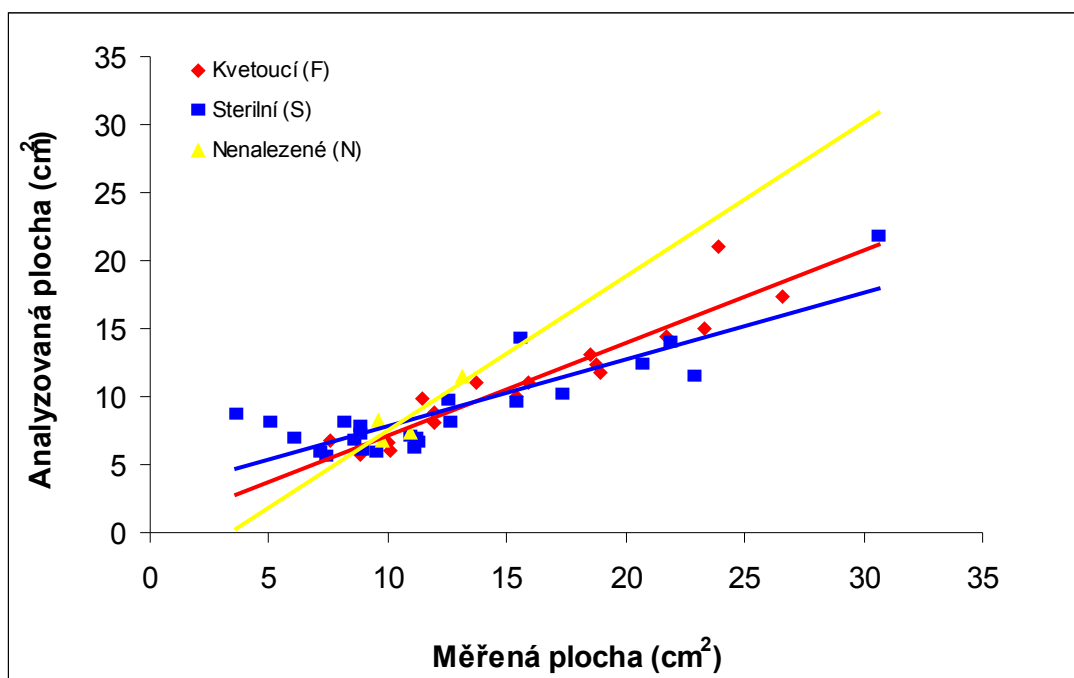
Počty rostlin v jednotlivých kategoriích: kvetoucí – 17, sterilní – 14, nenalezené – 2.

Graf 18: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „malých“ rostlin na podzim v roce 2001.



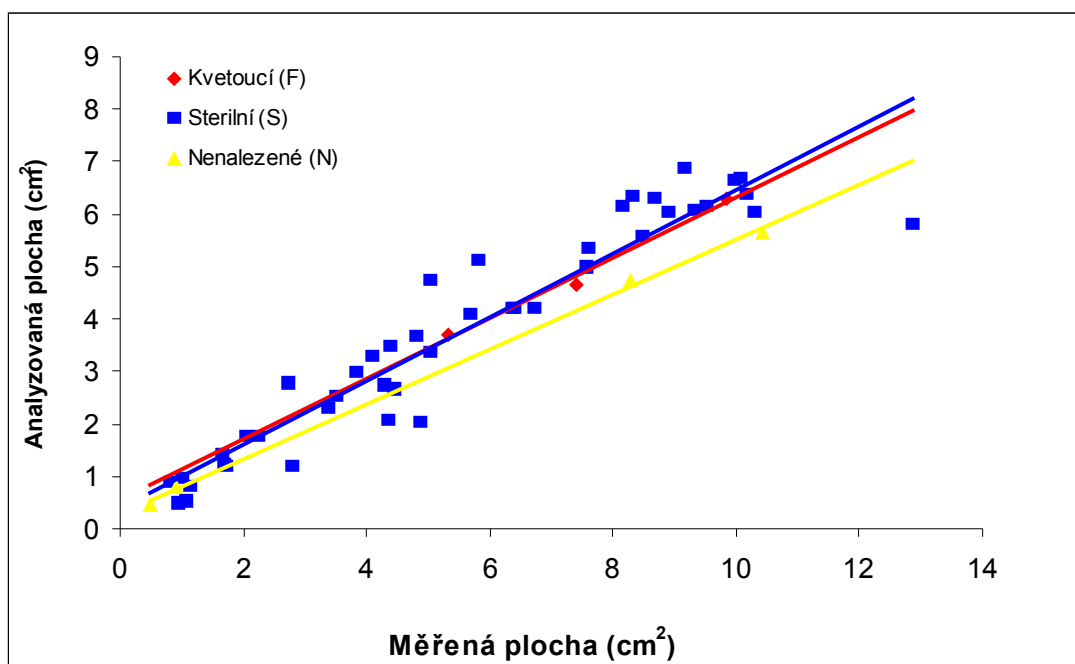
Počty rostlin v jednotlivých kategoriích: kvetoucí – 2, sterilní – 32, nenalezené – 10.

Graf 19: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „velkých“ rostlin na podzim v roce 2001.



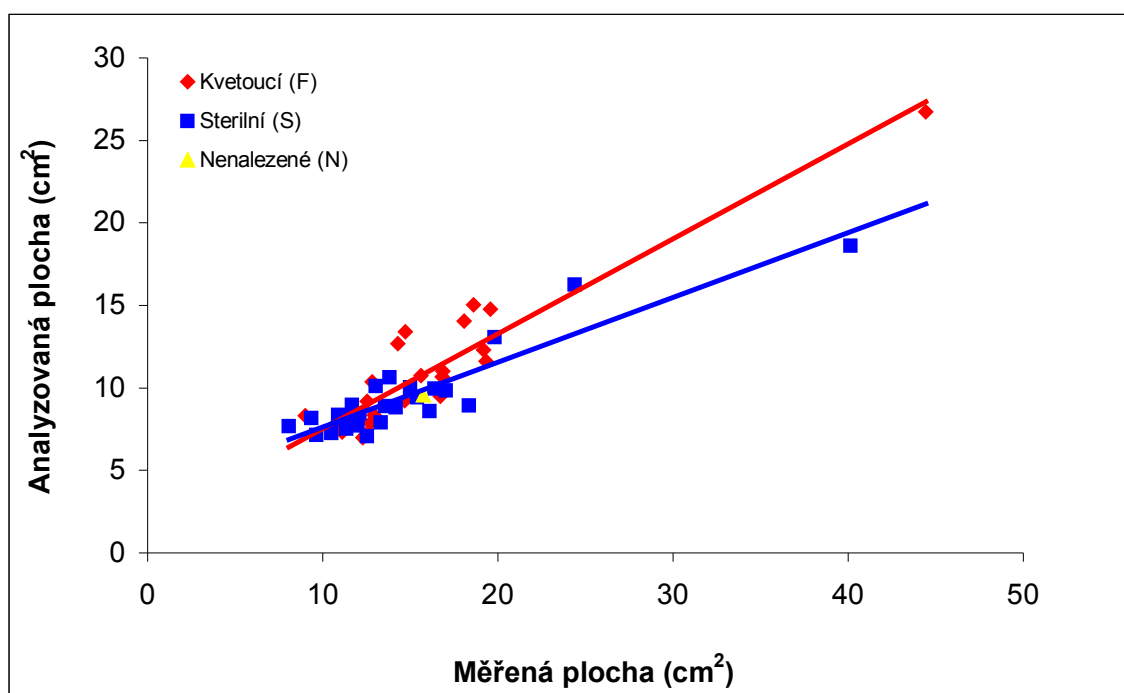
Počty rostlin v jednotlivých kategoriích: kvetoucí – 17, sterilní – 24, nenalezené – 4.

Graf 20: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „malých“ rostlin na podzim v roce 2002



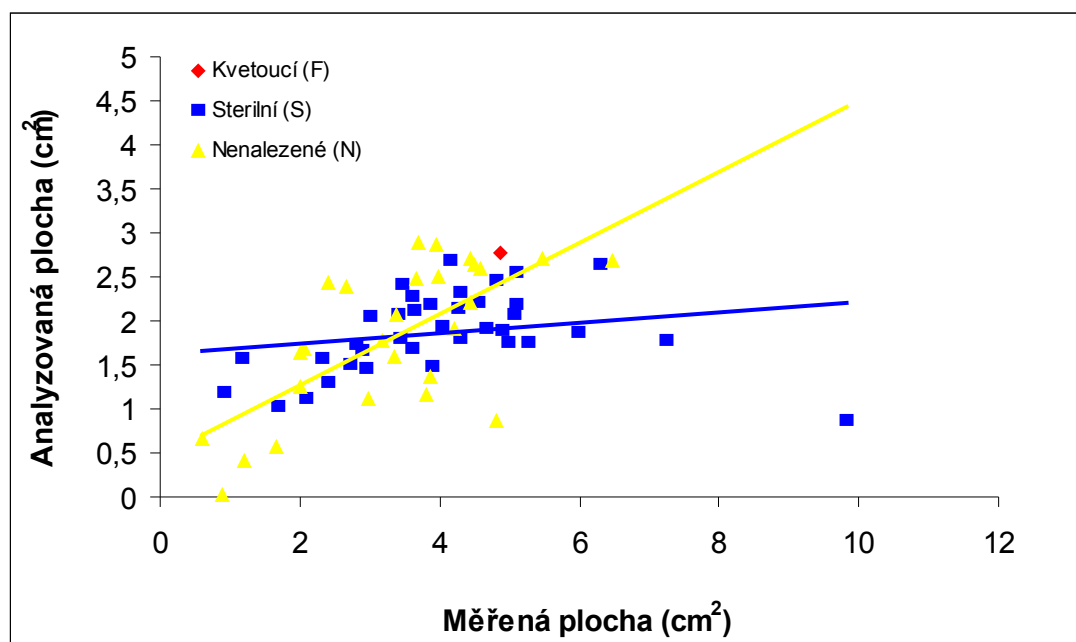
Počty rostlin v jednotlivých kategoriích: kvetoucí – 3, sterilní – 44, nenalezené – 4.

Graf 21: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „velkých“ rostlin na podzim v roce 2002.



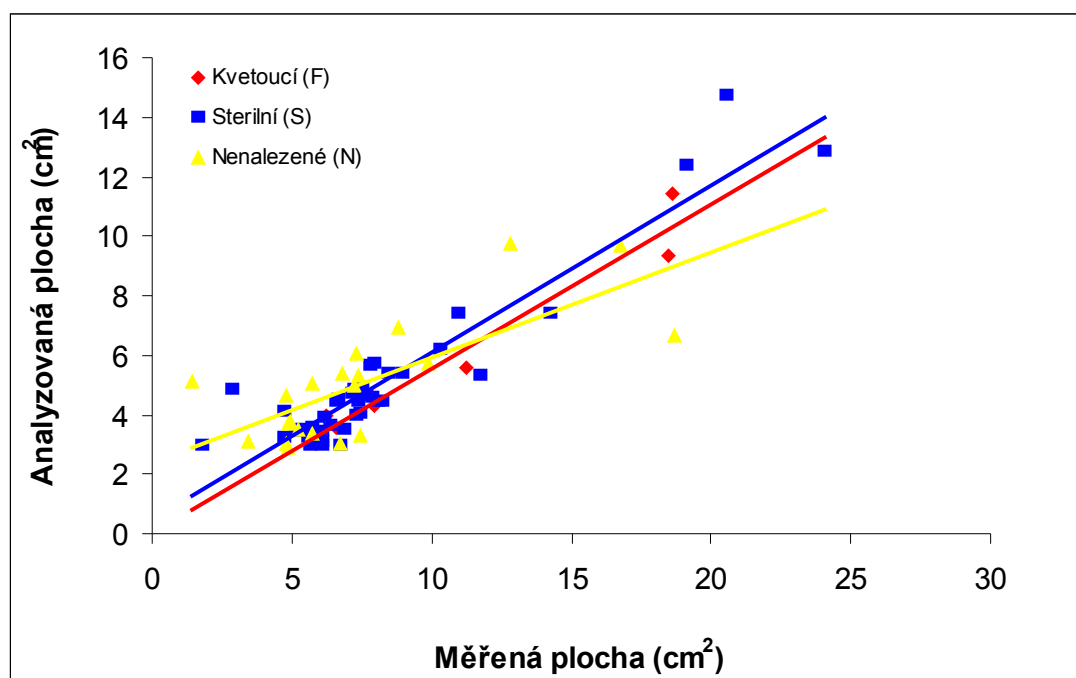
Počty rostlin v jednotlivých kategoriích: kvetoucí – 24, sterilní – 26, nenalezené – 1.

Graf 22: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „malých“ rostlin na podzim v roce 2003.



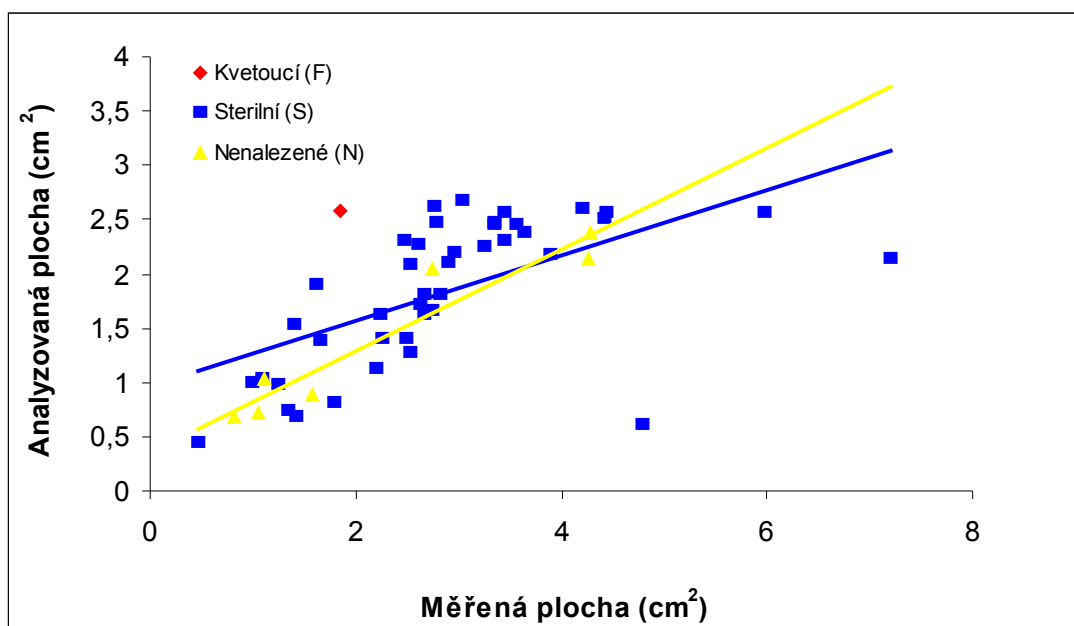
Počty rostlin v jednotlivých kategoriích: kvetoucí – 1, sterilní – 37, nenalezené – 27.

Graf 23: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „velkých“ rostlin na podzim v roce 2003.



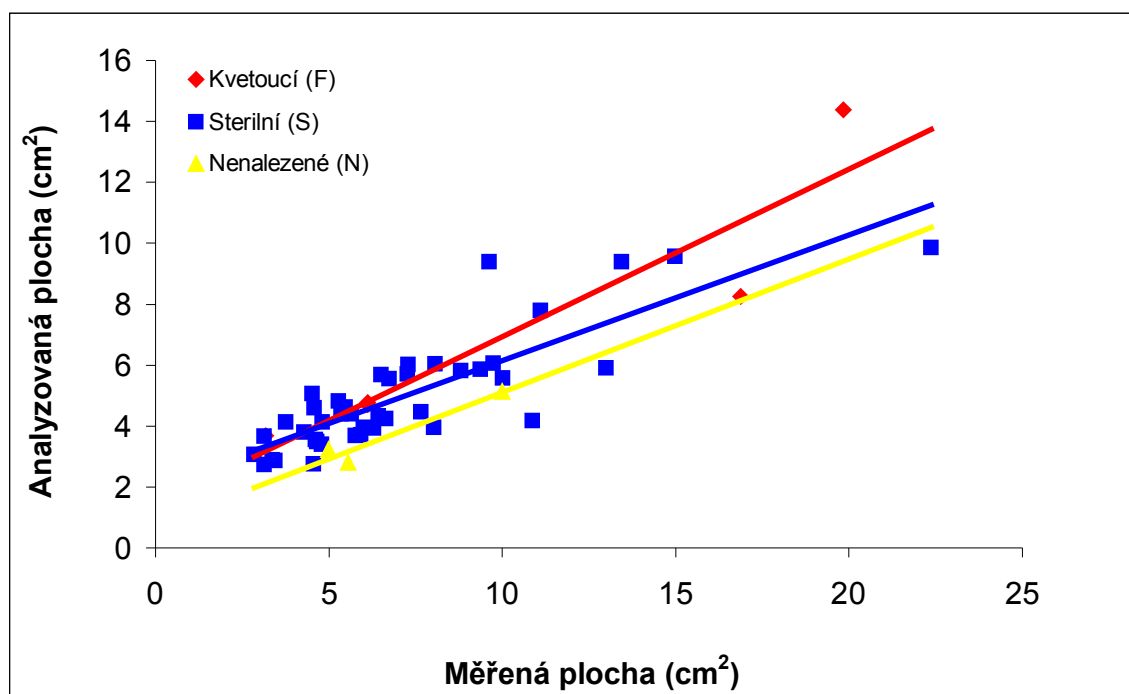
Počty rostlin v jednotlivých kategoriích: kvetoucí – 6, sterilní – 39, nenalezené – 21.

Graf 24: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „malých“ rostlin na podzim v roce 2004.



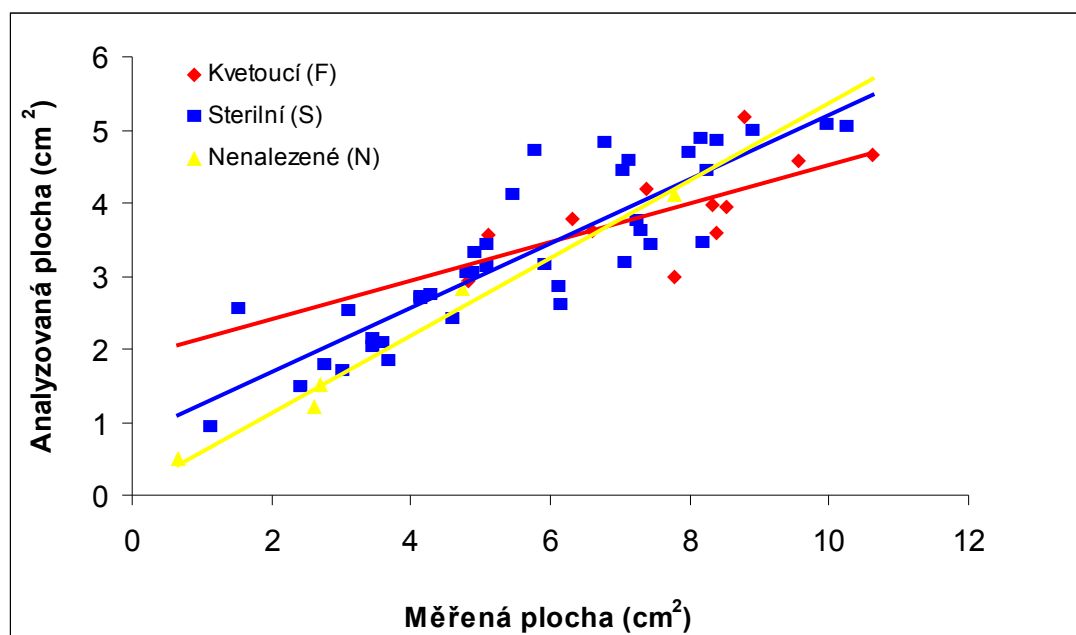
Počty rostlin v jednotlivých kategoriích: kvetoucí – 1, sterilní – 42, nenalezené – 7.

Graf 25: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „velkých“ rostlin na podzim v roce 2004.



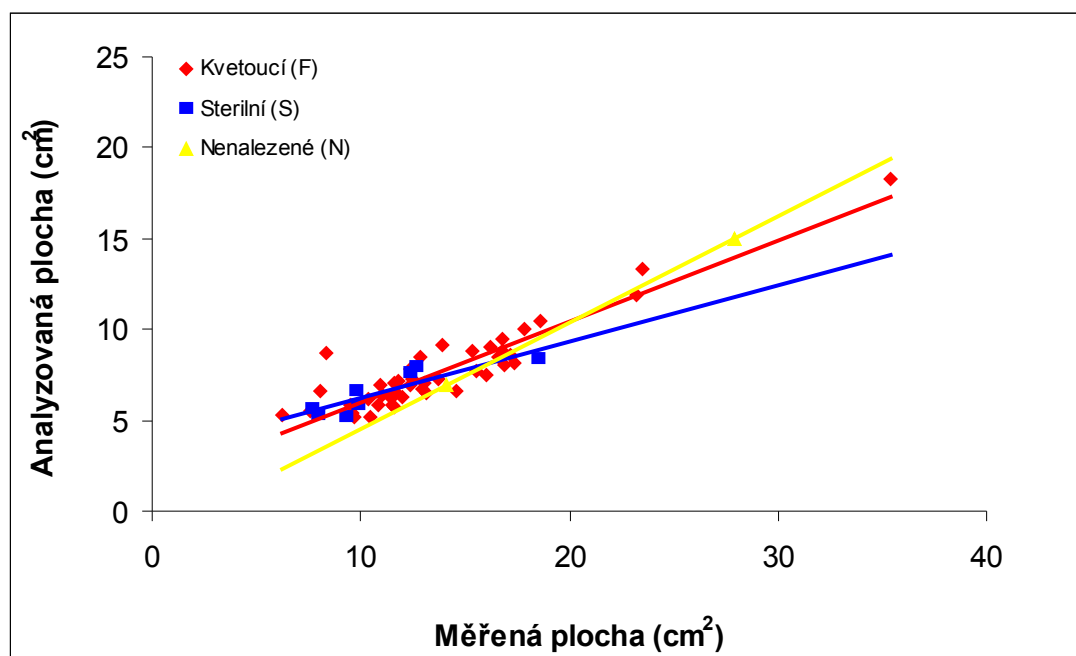
Počty rostlin v jednotlivých kategoriích: kvetoucí – 5, sterilní – 42, nenalezené – 3.

Graf 26: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „malých“ rostlin na podzim v roce 2005.



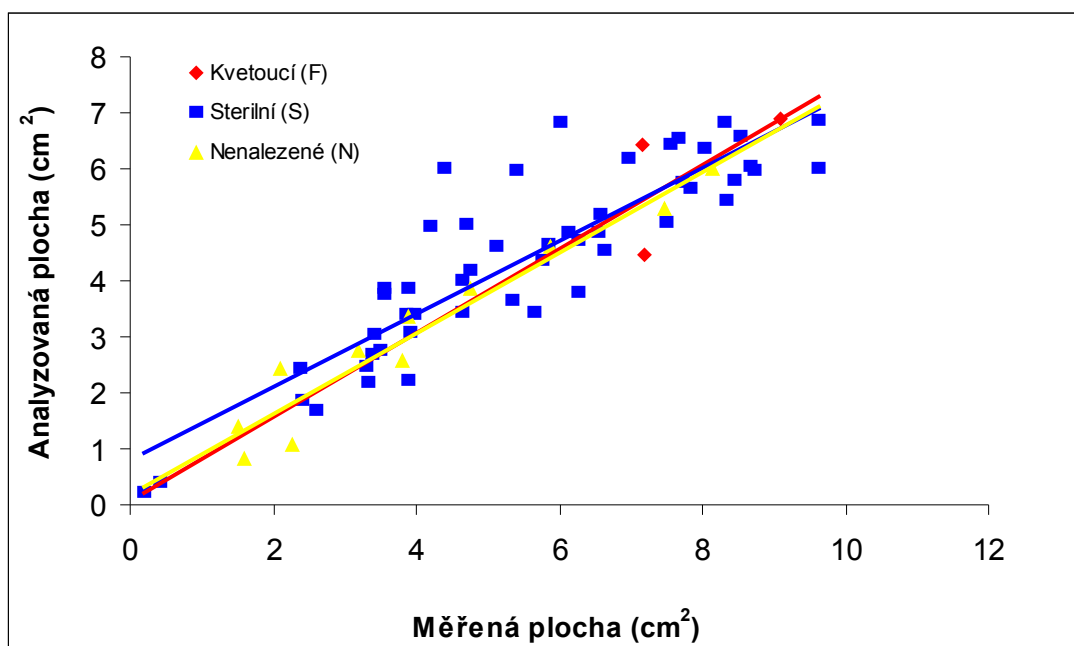
Počty rostlin v jednotlivých kategoriích: kvetoucí – 12, sterilní – 39, nenalezené – 5.

Graf 27: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „velkých“ rostlin na podzim v roce 2005.



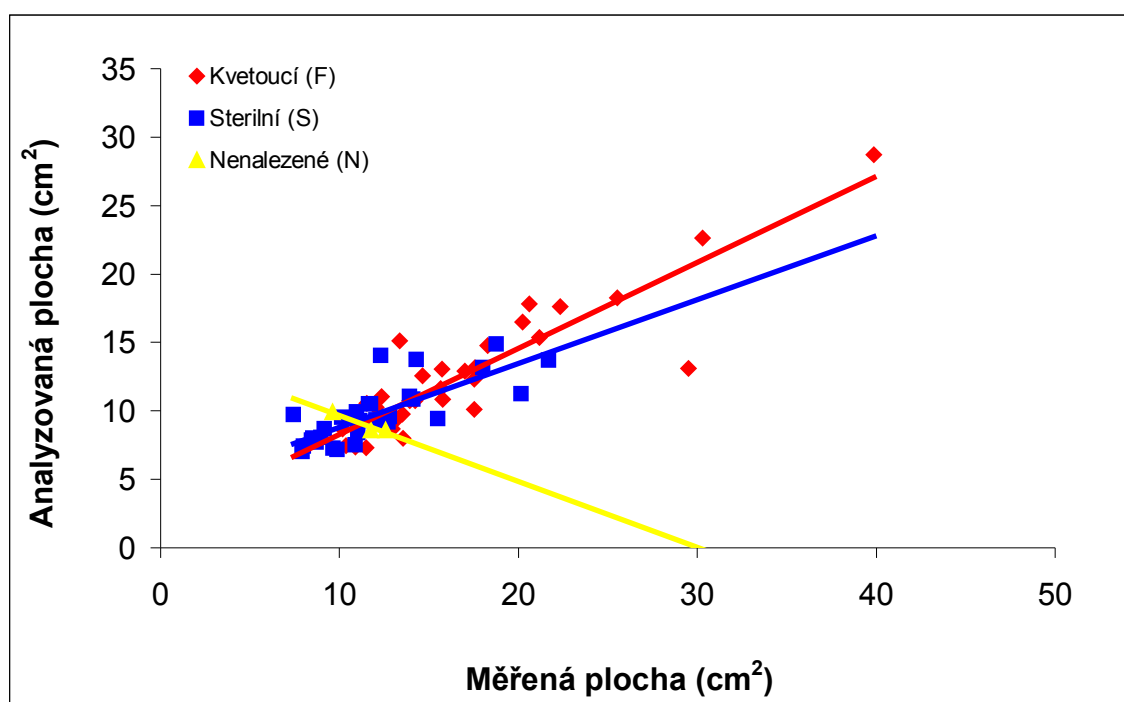
Počty rostlin v jednotlivých kategoriích: kvetoucí – 45, sterilní – 8, nenalezené – 2.

Graf 28: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „malých“ rostlin na podzim v roce 2006.



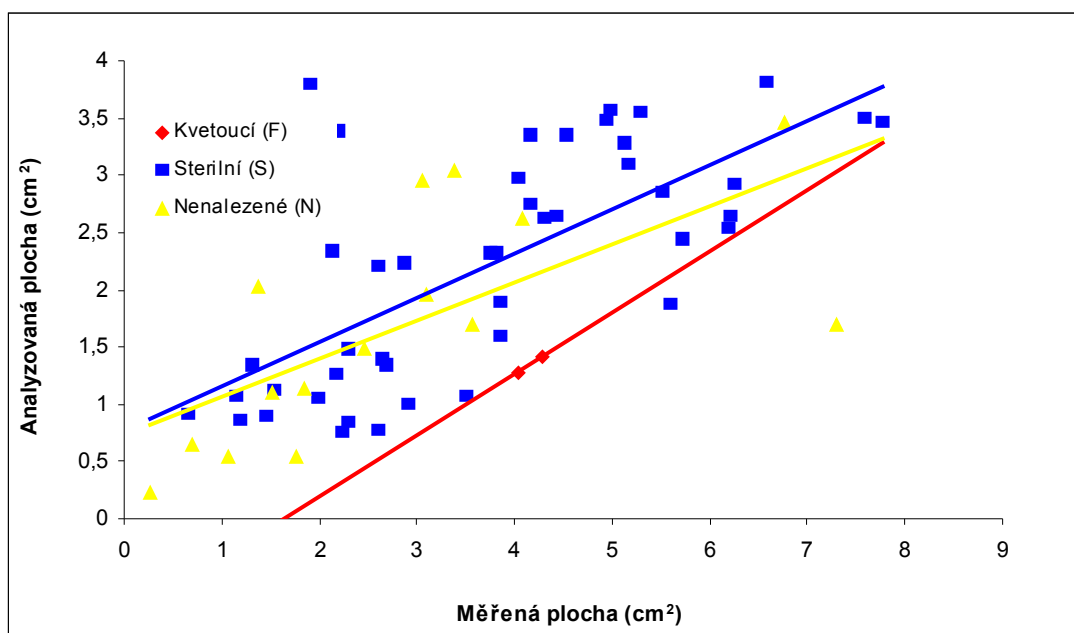
Počty rostlin v jednotlivých kategoriích: kvetoucí – 3, sterilní – 51, nenalezené – 11.

Graf 29: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „velkých“ rostlin na podzim v roce 2006.



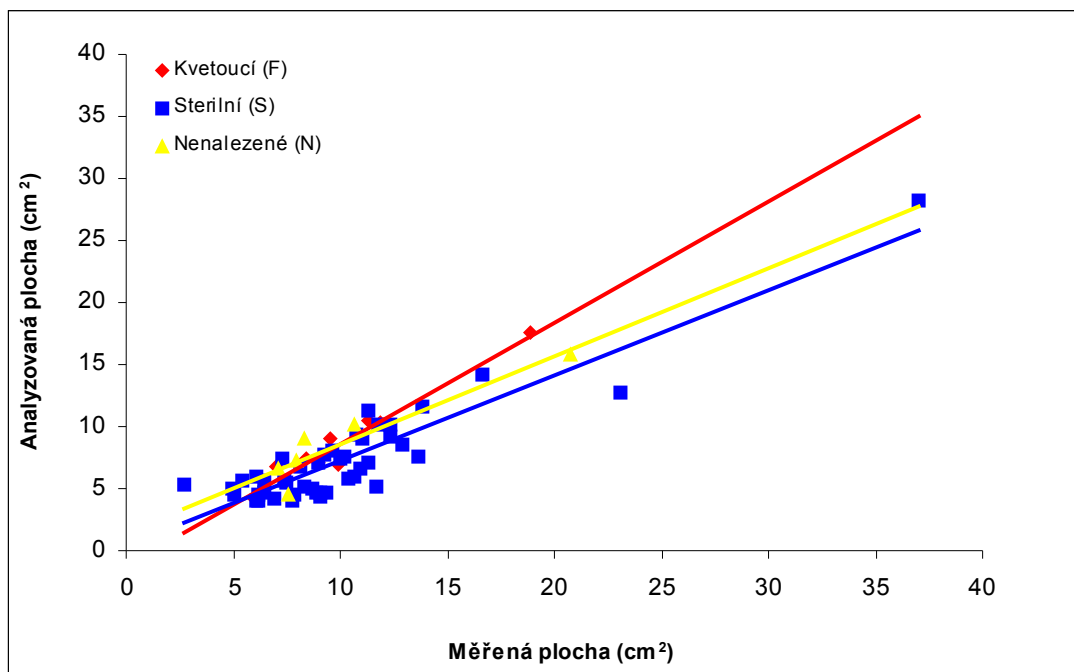
Počty rostlin v jednotlivých kategoriích: kvetoucí – 33, sterilní – 30, nenalezené – 3.

Graf 30: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „malých“ rostlin na podzim v roce 2007.



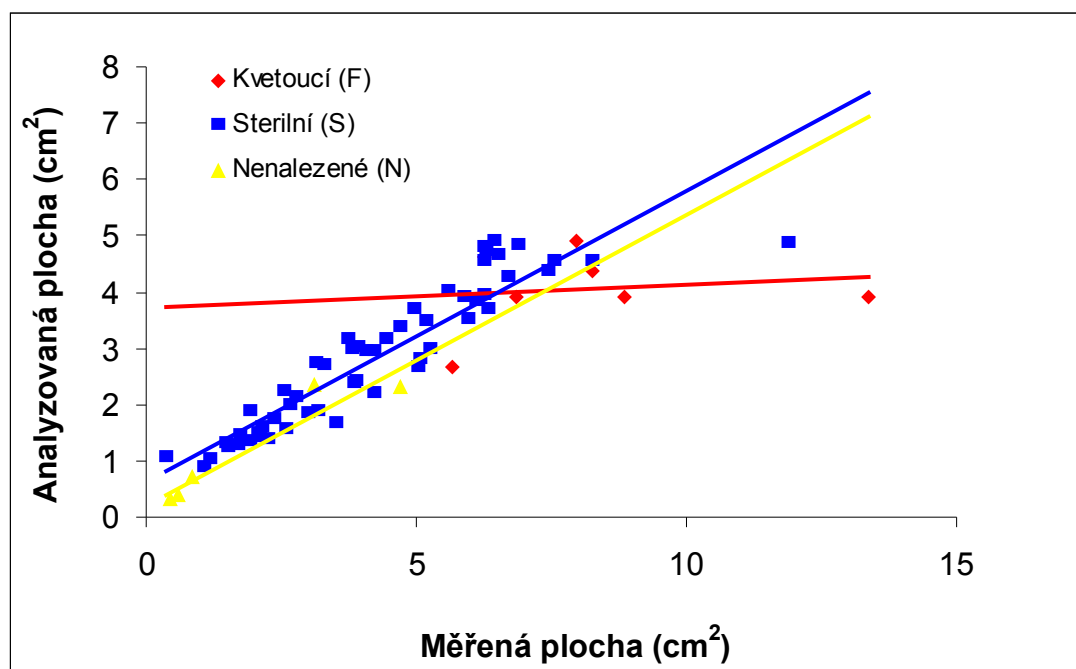
Počty rostlin v jednotlivých kategoriích: kvetoucí – 2, sterilní – 45, nenalezené – 15.

Graf 31: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „velkých“ rostlin na podzim v roce 2007.



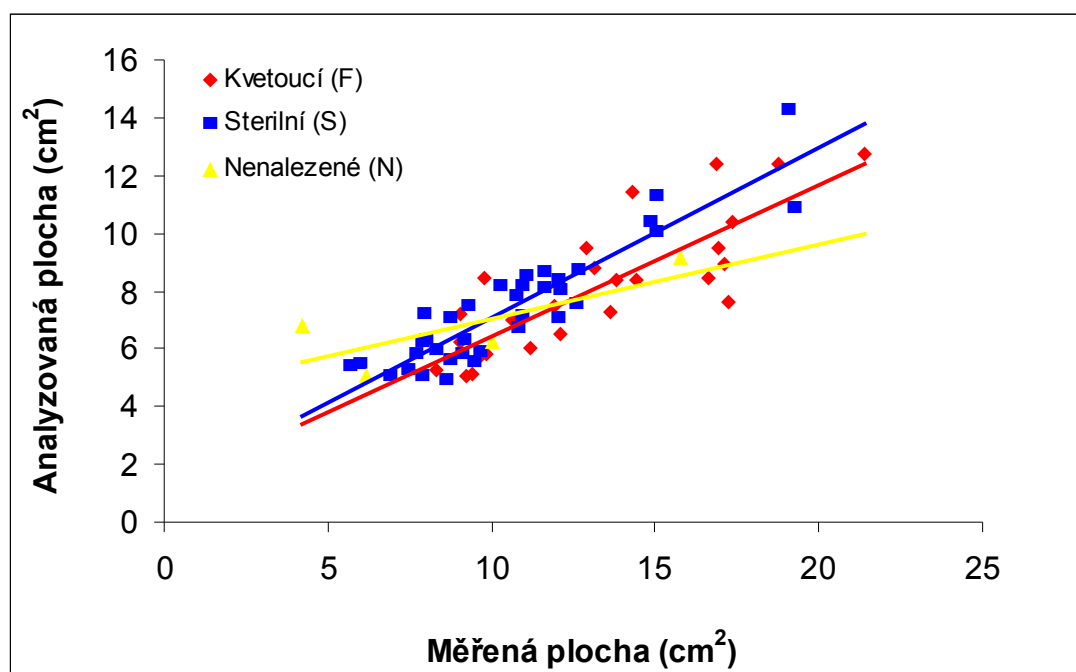
Počty rostlin v jednotlivých kategoriích: kvetoucí – 10, sterilní – 45, nenalezené – 6.

Graf 32: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „malých“ rostlin na podzim v roce 2008.



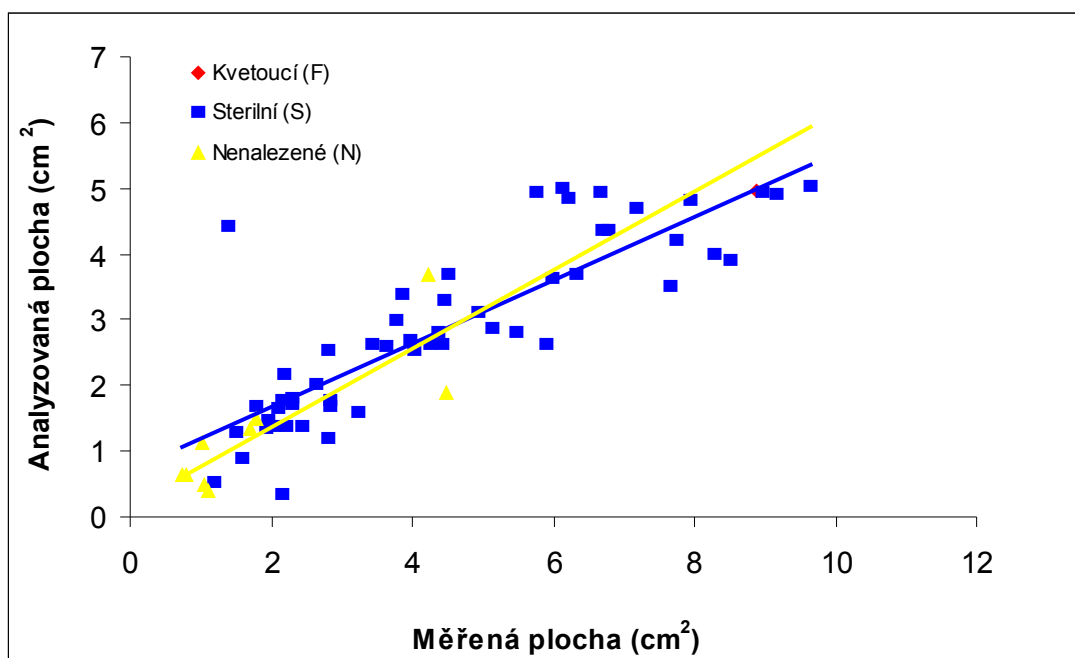
Počty rostlin v jednotlivých kategoriích: kvetoucí – 7, sterilní – 55, nenalezené – 5.

Graf 33: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „velkých“ rostlin na podzim v roce 2008.



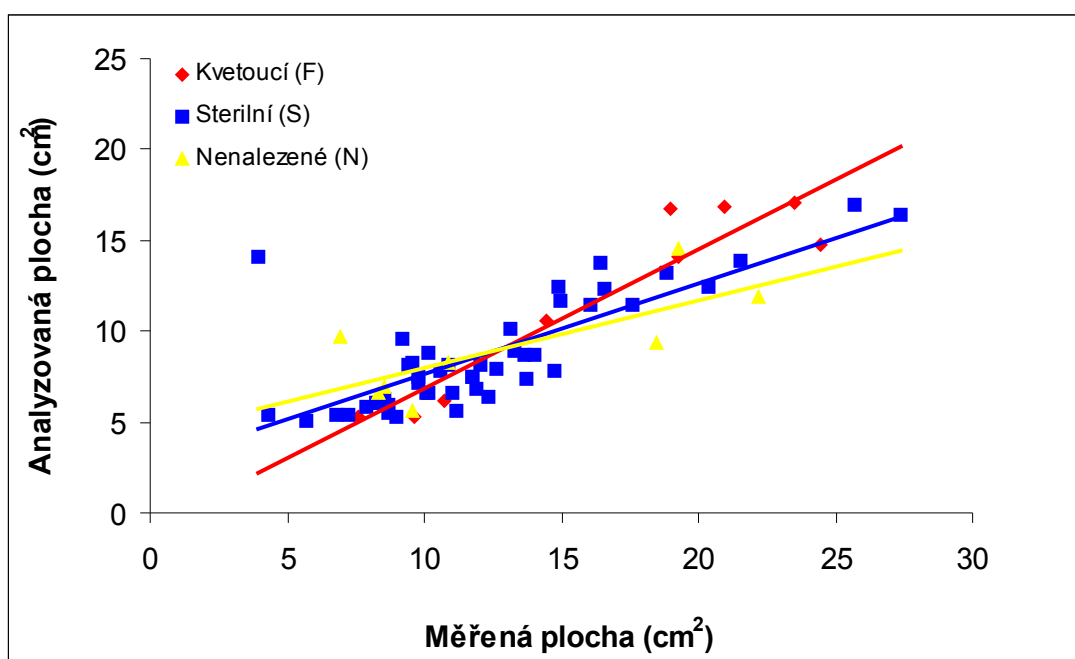
Počty rostlin v jednotlivých kategoriích: kvetoucí – 26, sterilní – 36, nenalezené – 4.

Graf 34: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „malých“ rostlin na podzim v roce 2009.



Počty rostlin v jednotlivých kategoriích: kvetoucí – 1, sterilní – 54, nenalezené – 9.

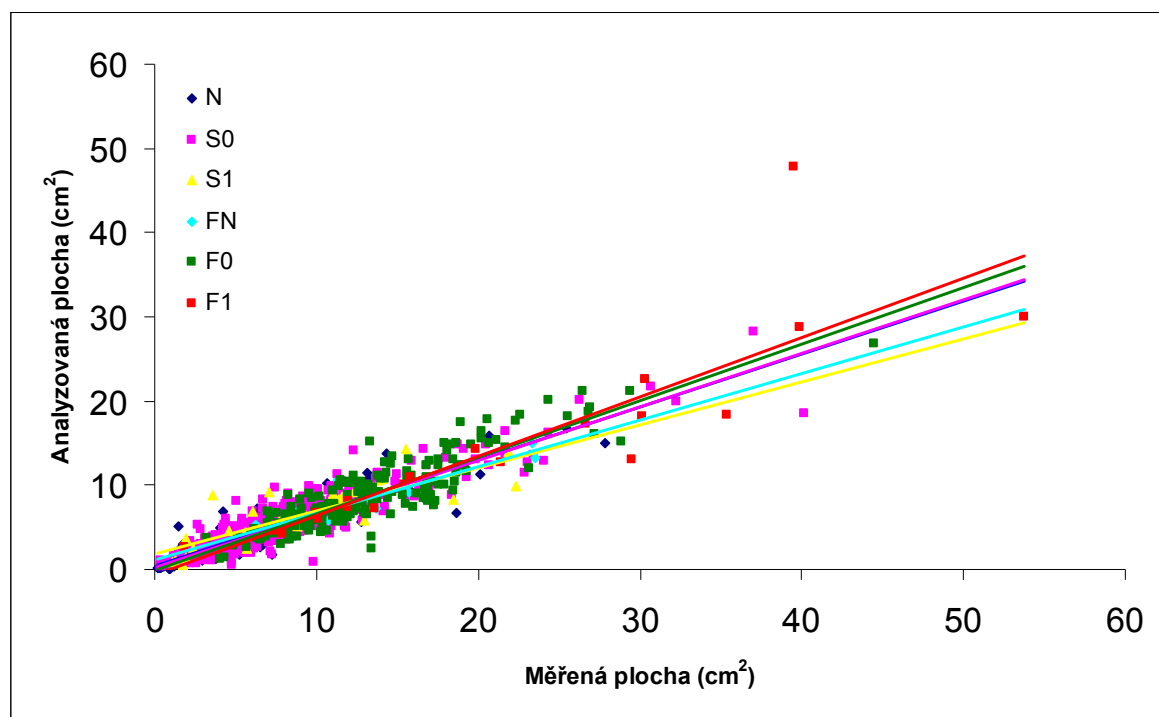
Graf 35: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře se stavem „velkých“ rostlin na podzim v roce 2009.



Počty rostlin v jednotlivých kategoriích: kvetoucí – 10, sterilní – 47, nenalezené – 8.

Příloha 5

Graf 36: Porovnání měřené a analyzované listové plochy zjištěné na jaře v roce t se stavem rostliny na podzim v roce t v průběhu 10 let (2000 až 2009).



Vysvětlení zkratk (v závorkách jsou uvedeny počty v jednotlivých kategoriích): F0 – kvetoucí rostliny (182); F1 – kvetoucí rostliny, které se rozdělily (20); FN – kvetoucí rostliny, které nepřežily do roku $t+1$ (15); N – nenalezené rostliny (162); S0 – sterilní rostliny (566) a S1 – sterilní rostliny, které se rozdělily (34).

Příloha 6

Tab. 15: Sledování početnosti populace *Spiranthes spiralis* v letech 2000–2009 (BRABEC, 2009).

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Celkový počet sledovaných pozic výskytu (N)	137	177	244	251	268	324	345	362	426	458
Počet živých pozic (R)	119	151	199	183	138	192	201	193	234	225
Počet kvetoucích pozic (F)	49	47	73	17	15	119	62	23	78	32
Celkový počet živých exemplářů (L)	164	215	272	254	186	255	279	260	333	326
Celkový počet kvetoucích lodyh (S)	54	55	84	22	15	140	67	24	89	33

(N) – celkový počet označených a sledovaných „pozic výskytu“; (R) – celkový počet „pozic výskytu“ se zaznamenanou listovou růžicí nebo kvetoucí lodyhou; (F) – celkový počet „pozic výskytu“ s výskytem kvetoucích lodyh; (L) – celkový počet zaznamenaných živých exemplářů (tj. exemplářů s nadzemní částí, tj. s listovou růžicí nebo květonosnou lodyhou); (S) – celkový počet nalezených kvetoucích lodyh.