

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE



Vliv dostupnosti vody na kvetení mokřadních rostlin

ve společenstvu

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Jan Douša, Ph.D.

Bakalant: Šárka Prouzová

Praha 2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ekologie

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Šárka Prouzová

Aplikovaná ekologie

Název práce

Vliv dostupnosti vody na kvetení mokřadních rostlin ve společenstvu

Název anglicky

Effect of water availability on flowering wetland plants in community

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je zjistit, jak kolísání hladiny podzemní vody ovlivňuje kvetení mokřadních druhů ve společenstvu. Součástí bakalářské práce bude literární rešerše a případová studie. V literární rešerši bude zhodnocena veškerá literatura, která se zabývá vlivem vodního stresu (tj. sucha nebo přemokření) na kvetení rostlin. V případové studii bude v zahradním experimentu zjištěno: i) zda se mokřadní druhy liší úspěšností kvetení na jednotlivých vodních režimech a ii) zda je kvetení mokřadních druhů ovlivněno dostupností vody v daném nebo předcházejícím roce.

Metodika

Během vegetační sezóny 2013 budou na experimentální zahradě se simulovaným vodním režimem zaznamenány údaje o kvetení u 4 koexistujících druhů mokřadních olšin (tj. *Calamagrostis canescens*, *Carex elongata*, *C. elata* a *Deschampsia cespitosa*). Bude simulován suchý, vlhký a kolísající vodní režim v experimentálních nádobách. Na rostlinách pěstovaných v různých vodních režimech budou zjištěny údaje o kvetení rostlin, tj. přítomnost květenství a velikost květenství. Statisticky bude vyhodnocen vliv vodního režimu na kvetení rostlin v daném a následujícím roce. Pro statistické zhodnocení dat budou využity také údaje o kvetení z roku 2012.

Doporučený rozsah práce

cca 30 stran

Klíčová slova

Calamagrostis canescens, *Carex elata*, *C. elongata*, *Deschampsia cespitosa*, zahradní experiment

Doporučené zdroje informací

- Catorci, A., Cesaretti, S., Gatti, R., & Tardella, F. M. (2012). Trait-related flowering patterns in submediterranean mountain meadows. *Plant Ecology*, 1-14.
- Gallegos, M. E., Merino, M., Marba, N., & Duarte, C. M. (1992). Flowering of *Thalassia testudinum*: age-dependence and interannual variability. *Aquatic botany*, 43(3), 249-255.
- Liancourt, P., Spence, L. A., Boldgiv, B., Lkhagva, A., Helliker, B. R., Casper, B. B., & Petraitis, P. S. (2012). Vulnerability of the northern Mongolian steppe to climate change: insights from flower production and phenology. *Ecology*, 93(4), 815-824.
- Prieto, P., Penuelas, J., Ogaya, R., & Estiarte, M. (2008). Precipitation-dependent flowering of *Globularia alypum* and *Erica multiflora* in Mediterranean shrubland under experimental drought and warming, and its inter-annual variability. *Annals of botany*, 102(2), 275-285.

Predběžný termín obhajoby

2014/06 (červen)

Vedoucí práce

Ing. Jan Douda, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 11. 12. 2013

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18. 12. 2013

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracovala samostatně, a že jsem uvedla veškeré literární prameny v seznamu použité literatury, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 8. 4. 2015

.....

Šárka Prouzová

Poděkování

Především chci poděkovat Ing. Janu Doudovi, Ph.D. za ochotu a trpělivost při konzultacích, za cenné rady a připomínky při zpracování této bakalářské práce. Poděkování patří i mému konzultantovi Ing. Josefu Hulíkovi. Hlavně pak mým rodičům a celé rodině, která mě po celou dobu zpracování práce podporovala a měla se mnou trpělivost.

Abstrakt

U mokřadních rostlin kolísání hladiny podzemní vody ovlivňuje jejich kvetení. Každý druh však reaguje odlišně. Cílem této práce bylo zjistit, jak vodní režim ovlivňuje kvetení mokřadních rostlin ve společenstvu. Konkrétně jsem se zaměřila na faktory, které ovlivňují kvetení, a to: délku květenství, počet klasů, samčích, samičích a oboupohlavních orgánů. Vlivy na kvetení rostlin byly zkoumány na experimentální zahradě v Hutích u Bechyně. Měření probíhalo na 52 nádobách, které obsahovaly čtyři druhy mokřadních olšiny. Pro každou nádobu byl vybrán vodní režim a následně simulován s vlhkým, suchým a kolísavým režimem. Porovnáním reakcí všech jedinců na jednotlivé vodní režimy (mokrý, suchý, kolísavý), bylo zjištěno, že vodní režim ovlivňuje kvetení rostlin. Každá rostlina reagovala na změny vodního režimu jinak, podobně pak mezi roky 2012-2013 docházelo k nárůstu nebo poklesu počtu kvetoucích rostlin. Až na druh *Calamagrostis canescens*, která se zdá být velice přizpůsobivá na všech vodních režimech.

Klíčová slova: *Calamagrostis canescens*, *Carex elata*, *Carex elongata*, *Deschampsia cespitosa*, zahradní experiment

Abstract

For wetland plants water table fluctuation affects their flowering. Each species responds differently, however. The aim of this study was to determine how the water regime affects flowering wetland plants in the Community. Specifically, I focused on the factors that influence flowering, namely: the length of inflorescence, number of ears, male, female and oboupohlavných authorities. Influences on flowering plants were investigated on an experimental garden in Hutích u Bechyně. Measurements were carried out 52 containers, containing four species of wetland alder. For each container was selected water regime and subsequently simulated with a damp, soft, fluctuating regime. By comparing the responses of individuals in the individual modes of water (wet, dry, unstable), it was found that the water regime influences flowering plants. Each plant has responded to changes in water regime otherwise similar behavior between the years 2012-2013 there was an increase or decrease in the number of flowering plants. Except species *Calamagrostis canescens*, which appears to be very adaptable to all water regimes.

Key words: *Calamagrostis canescens*, *Carex elata*, *Carex elongata*, *Deschampsia cespitosa*, garden experiment

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Cíle práce	11
3. Literární rešerše	12
3.1. Strategie rostlin	12
3.1.1. Koexistence	12
3.1.2 Kompetice	13
4. Vlivy ovlivňující kvetení rostlin	15
4.1. Hladina podzemní vody	15
4.2 Klimatické faktory	18
5. Charakteristika druhů.....	19
5.1 Ostřice prodloužená (<i>Carex elongata</i>)	20
5.2 Ostřice vyvýšená (<i>Carex elata</i>).....	20
5.3 Třtina šedavá (<i>Calamagrostis canescens</i>)	21
5.4 Metlice trsnatá (<i>Deschampsia cespitosa</i>)	22
6. Případová studie.....	22
7. Metodika	23
7.1 Popis zahradního experimentu	23
7.2 Sběr dat	26
8. Statistické analýzy	26
8.1 Výsledky	27
9. Diskuse.....	33
9.1. Reakce druhů na jednotlivé režimy.....	33
10. Závěr	35
11. Seznam použité literatury.....	36

1. Úvod

Mokřadní biotopy jsou z hlediska ekologie velmi cenným ekosystémem, a to hlavně díky svému specifickému prostředí. Prostředí mokřadů poskytuje podmínky vhodné pro celou řadu druhů, které jsou vázané na tento biotop. Hladina podzemní vody v mokřadních biotopech je velice důležitá proto, aby se zachovala funkce mokřadů a diversity společenstev. Nadměrné zaplavení v období povodní, nebo naopak dlouhotrvající sucha v létě ovlivňují populaci mokřadních biotop, které se vystaveny výkyvům vodního režimu. V mé bakalářské práci se budu zabývat vlivy vodního režimu na kvetení rostlin u druhů *Calamagrostis canescens*, *Carex elata*, *Carex elongata*, *Deschampsia caespitosa*. U *Calamagrostis canescens* lze očekávat, že se jí bude více dařit na vysoké hladině vody, tento druh je silně kompetiční, může být však limitován druhem *C. elata*, který je celkově nejsilnější ze společenstva. Strategie tohoto druhu spočívá v tom, že dosahuje větších výšek než ostatní druhy, což je výhoda při získávání zdrojů oproti ostatním druhům (Grime et al., 1997; Wetzel, Van der Valk, 1998). *C. elata* je druh, který reaguje na jakoukoliv změnu v kolísání vody, dle studií by jí měla spíše pro kvetení vyhovovat vysoká hladina vody. *Carex elongata* je druh, který se stává ze všech rostlin dominantním druhem na stanovišti, u tohoto druhu si netroufám říci, jaké podmínky pro něj budou nejvhodnější. U druhu *Deschampsia caespitosa* je známo, že je považován za extrémně variabilní druh a reaguje na jakékoliv změny. Každá z těchto rostlin má jinou strategii ohledně náročnosti na prostředí a podmínky, ve kterých se nachází, proto se budu snažit zjistit, jak se mezi sebou rostliny liší v náročnosti na dostupnost vody.

2. Cíle práce

Cílem bakalářské práce je zjistit, jak kolísání hladiny podzemní vody ovlivňuje kvetení mokřadních druhů ve společenstvu. Součástí bakalářské práce bude literární rešerše a případová studie. V literární rešerši se budu zabývat literaturou, která se zabývá vlivem vodního stresu (tj. sucha nebo přemokření) na kvetení rostlin.

V případové studii si dávám za cíl:

1. Posoudit, jak se liší kvetení jednotlivých druhů v závislosti na vodních režimech.
2. Zjistit, jak se kvetení rostlin lišilo v letech 2012 a 2013 mezi vodními režimy.

3. Literární řešerše

Většina mokřadů je charakteristická nízkou druhovou diverzitou rostlinných i živočišných společenstev. V rámci mokřadních společenstev dochází k změnám hladiny podzemí vody. Každý druh v tomto mokřadním společenstvu reaguje odlišně na vysokou či nízkou hladinu vody, což má vliv na kvetení rostlin. Kvetení je však ovlivňováno i jinými dalšími faktory jako je sucho, přemokření, klimatické podmínky. Vzhledem k tomu, že druhy, které tolerují kolísání vody a již se zcela přizpůsobily, nereagují na zaplavení, budou ovlivněny ostatními druhy, které se nacházejí v jejich blízkosti, hovoříme tak o strategii rostlin, která je u každého druhu jiná.

3.1 Strategie rostlin

U přirozených rostlinných společenstev může být reprodukční alokace ovlivněna interakcemi mezi abiotickými zdroji, kompeticí druhu a velikostí rostlin (Suter 2009). Například u bylinných trvalek, některé důležité fitness znaky souvisejí s velikostí rostliny. S velikostí rostliny souvisí pravděpodobnost toho, že rostlina bude kvést, reprodukční alokace a plodnost rostliny (Méndez et Karlsson 2004). Teorie životní historie nám určuje, že prahová velikost pro reprodukci by se měla snižovat v prostředí, které není pro rostliny příznivé (Stearns et Koella 1986, Berrigan et Koella 1994, Méndez et Karlsson 2004). Optimální alokační teorie určuje, že rostlina, která potřebuje maximálně navýšit produktivitu semen, musí opět investovat své zdroje do dalšího růstu – stonky, listy, kořeny (Weiner et al. 2009). Rostlina tedy může navýšit svůj reprodukční výkon, a to dvěma způsoby, zaprvé konverzí své současné biomasy do reprodukční biomasy a zadruhé zvýšením své velikosti a tím i zvýšením svého potenciálu.

3.1.1 Koexistence

Rostlinná společenstva jsou po většinu trvale tvořena jedním a více druhy (Wilson 2011). Předmětem studií, které se snaží odhalit faktory druhové rozmanitosti, se zabýval (Weiner 1980). Hlavním předpokladem pro druhovou rozmanitost je koexistence rostlin (Ni a et al. 2010, Chen et Hsu 2011).

Mechanismus mezi koexistencí a interakcí mezi druhy rostlin dosud není zcela objasněn (Hooper et Vitousek 1997, Hector et al. 1999, Tilman et al. 2001, Roscher et al. 2005).

Vlastnosti druhů jsou nedílnou součástí zjištění vlivu koexistence (Wilson 2011). Pokud jsou vlastnosti druhů podobné nebo stejné uplatňuje se i více druhů rostlin. (Chesson et Rees 2007). Pokud druhy mají podobné vlastnosti, zdroje jsou rovnoměrně rozdělovány, nedochází tak k vyloučení rostlin ze společenstva, ale zůstávají s ostatními rostlinami (Wilson 2011). Mezi významná faktor koexistence, patří také to, že ne každý druh má stejné nároky na podmínky prostředí (Wilson 2011). Druh, které se ve společenstvu nacházejí, mohou být buď morfologicky, fyziologicky odlišné, proto podobné vlastnosti rostlin nemůžeme určit jako jediný mechanismus koexistence (Chave 2004). Nejen mechanismu koexistence, ale i heterogenita prostředí má vliv na odlišné nároky rostlin (Holmes et Wilson 1998; Ngoc et al. 2010; Douda et al. 2011). Heterogenita prostředí určuje uplatnění druhů, kterým vyhovují podmínky nejlépe, ač v homogenním prostředí nejčastěji má největší dominanci omezený počet druhů s vlastnostmi, které jsou pro dané prostředí nejvýhodnější (Holmes et Wilson 1998).

3.1.2 Kompetice

U rostlin krom koexistence dochází také k interakcím. Interakce mezi nejbližšími sousedními rostlinami je nedůležitější z toho hlediska, že nejvíc ze všech faktorů určuje vliv na strukturu společenstva (Weiner et al. 2001; Zoller et Lenzin 2006, Rauschert et al. 2011). Weiner (1980) tvrdí, že spolu mohou koexistovat druhy i bez kompetice. Ovlivnění, které chápeme, jako pozitivní např. růst okolních rostlin se odehrává jako ochrana proti větru, zvýšení lokální teploty, zvýšení vlhkosti nebo udržení mikroklimatu (Carlsson et Callaghan 1991, Sonesson et Callaghan 1991, Callaway 1997, Callaway et Walker 1997, Choler et al. 2001).

Pozitivně může být ovlivněn jeden z koexistujících druhů, ostatní druhy ve společenstvu nemusí být ve stejném okamžiku ovlivněny, nebo ovlivnění nemusí být pro rostliny pozitivní (Sonesson et Callaghan 1991, Callaway 1997). U rostlin také rozlišujeme silnější a slabší druhy. Druhy, které jsou kompetičně silnější, mohou ze společenstva odstranit druhy, které jsou kompetičně slabší než ostatní, pokud nastane situace, že jsou kompetiční vlastnosti podobné, vyloučení druhu bude trvat delší dobu (Weiner et al. 2001).

Kompetice a následné vytěsnění druhů ze společenstva zapříčiní, že jsou s vytěsněním spojeny výhody, které vyplývají z příznivých abiotických podmínek (Krna et al. 2009). Jednotliví jedinci mají v různých etapách vývoje různou kompetiční sílu (Yu et al. 2011). Druhy, které řadíme mezi konkurenčně silné, dokáží vyloučit slabší druhy pomocí toho, že vyčerpají zdroje (Tilman et Downing 1994, Hrabar et Milne 1996, Barot 2004, Hager 2004). Dominanci rostlinného druhu na stanovišti lze vysvětlit tím, že daný rostlinný druh je velmi zdatný konkurent a přítomnost ostatních rostlinných druhů na stanovišti je tím značně omezena nebo zcela vyloučena. Dalším faktorem, který ovlivňuje výsledek mezidruhové kompetice, je četnost výskytu disturbancí (např. záplav). Pokud na stanovišti dochází k disturbancím minimálně, má konkurenčně silnější rostlinný druh dostatek času na to, aby kompetičně vyloučil ostatní druhy a stál se tak dominantním druhem na stanovišti. Ne však v případě, že je stanoviště zasaženo velkou frekvencí disturbancí, ke kompetičnímu vyloučení tak v daném prostředí nedojde (Huston 1994). Dle toho lze usuzovat, že dominantní rostlinný druh na takovémto stanovišti zde bude dominovat spíše z toho důvodu, že je schopný dobře snášet časté disturbance, než kvůli tomu, že by byl nejsilnější konkurent. Shipley et al. (1991) ve své práci uvádí, že pokud je mokřadní stanoviště relativně příznivé, bude příčinou dominance rostlinného druhu na stanovišti nejspíše mezidruhová kompetice. Pokud však je mokřadní stanoviště nepříznivé a pro rostlinné druhy stresující, bude to spíše schopnost přežití a adaptace daného rostlinného druhu, která je příčinou dominance rostlinné populace v takovémto prostředí.

Ovšem v homogenním prostředí, které je charakteristické velmi podobnými podmínkami v rámci celého stanoviště, může dominovat určitý rostlinný druh proto, že jako nejsilnější konkurent ostatní druhy konkurenčně vyloučí a ne proto, že je jediný schopný v takovém prostředí přežít (Vivian Smith 1997).

4. Vlivy ovlivňující kvetení rostlin

4.1 Hladina podzemní vody

Klíčovým faktorem ovlivňující strukturu mokřadních rostlinných společenstev je **voda** (Pezeshki 2001; Li et al. 2013). Voda často charakterizuje a utváří složité mokřadní prostředí (Magee et Kentula 2005).

Výška hladiny podzemní vody působí na každý rostlinný druh odlišně. Její hladina může být hluboko pod úrovní terénu, srovnatelná s úrovní terénu, a nebo vystupovat až nad terén (Brock et al. 1999). Výška hladiny podzemní vody má podle Kellogga et al. (2003) vliv na klíčení rostlin. I nepatrné rozdíly v půdní vlhkosti (+2, -1, -4 cm od povrchu půdy) mohou vést k rozdílům v klíčení semen. Klíčení semen a následný růst semenáčků je složitější, pokud voda vystupuje nad povrch, což může ovlivňovat dominanci druhů mokřadních společenstev (Keddy et Ellis 1985, Xiong et Ishitany 2006). A to toho důvodu, že rostlinné druhy, které nejsou schopny se úspěšně reprodukovat, budou časem vyloučeny ze stanoviště a nahrazeny druhy, které jsou úspěšnější. Semena se vytvářejí v okamžiku, kdy je voda nejdostupnější a podmínky příznivé. Pro semennou banku, která zajišťuje to, aby populace zůstala naživu, je důležité, aby ke kvetení, plazení a vytváření semen došlo během období záplavy, které je pro rostliny příznivé. Příznivé podmínky trvají krátkou dobu, proto mohou být slabší druhy při vytváření semenné banky zcela vyloučeny (Annon 1988). Druhy, které vzejdou ze semenné banky, rozdělil Brock et Casanova (1997) do čtyř skupin, které jsou založené na klíčení, uchycení a reprodukčních reakcích na toleranci přítomnosti či nepřítomnosti vody: druhy reagující na kolísavost vody, druhy tolerantní ke kolísavosti vody, ponořené druhy a suchozemské druhy. Klasifikace byla testována i v jiných mokřadech a potvrdila nám teorii autorů (Leck et Brock 2000).

Studie, kterou se zabývali Warwick et Brock (2003), řeší jaký efekt má hloubka mokřadu, trvání doby zaplavení/sucha a sezónní načasování záplav na růst a sexuální reprodukci pro mokřadní druhy, klasifikovaných podle čtyř hlavních funkčních skupin v Nové Anglii. Podle reprodukčních schopností druhů při odlišných režimech vody, druhy reagující na kolísavost se nejspíše mohou množit a růst za jakýchkoliv podmínek vodního režimu.

Naproti tomu druhy tolerující kolísavost vody byly schopné reprodukce, spíše ve vlhku, než když byly zcela ponořené. Rostliny, které byly ponořené delší dobu, měly zpomalenou nebo úplně ztracenou reprodukci (Warwick et Brock 2003). Reprodukce při zaplavení s vysokou hloubkou se vyskytuje u druhů ponořených a u druhů reagujících na kolísavost vody. Hloubka je stanovena druhy, které reagují na změnu vodního režimu. Ke generativnímu množení tyto druhy potřebují nejen vzduch, ale i vodu (Farmer et Spence 1987; Robe et Griffiths 1998).

Banach et al. (2009) zkoumal toleranci odlišných mokřadních rostlinných společenstev na různé délky trvání záplav (3 a 6 týdnů) s následnými odlišnými dobami sucha (2 a 5 týdnů) ponechaných pro regeneraci rostlin. Výsledek ukázal, že mnoho mokřadních druhů rostlin je schopno čelit krátkým záplavám, v případě, že mají dostatek času na zotavení. Jestliže k zaplavení dochází v kratších časových intervalech (tudíž rostliny nemají dostatek času k regeneraci) nebo záplavy trvají po delší dobu, dominuje stanovištěm jen několik málo rostlinných druhů, které takové podmínky tolerují. Většina mokřadních rostlin je tolerantní ke změnám ve vodním režimu, a také rostlinám umožňuje přežít v konkurenci suchomilnějších druhů rostlin. U druhů violka bahenní (*Viola palustris*) a pupečník obecný (*Hydrocotyle vulgaris*), byla prokázána reakce na výšku hladiny podzemní vody, kdy její snížení způsobilo zvýšení jejich produkce biomasy. Clevering a Hundscheid (1998) zkoumali vliv čtyř rozdílných hladin vody (0, 10, 20 a 30 cm) na *Bolboschoenus maritimus*. Výsledky prokázaly, že hmotnost sušiny a počet ramet byly vyšší při zaplavení na 0 a 10 cm, než na 20 a 30 cm. Celková hmotnost sušiny se nelišila mezi jednotlivými úrovněmi hloubkami vody, ale s rostoucí hloubkou vody se proporcionální alokace sušiny do stonků zvyšovala na úkor kořenů a oddenků. V podmáčené půdě (0 cm) stébla byla kratší, než v 10 cm nebo v hlubší vodě. Podobným směrem se ubíral i Edwards a kol. (2003) ve svém experimentu u druhu *Eleocharis cellulosa* (*Cyperaceae*), kdy pěstoval rostliny v hloubce 7 cm a 54 cm vody a po 80-ti týdnech přemístil některé rostliny z hluboké vody do mělké a opačně. V hluboké vodě rostliny po 80ti dnech produkovaly vyšší a tlustší výhonky, tvořily však méně ramet a méně biomasy.

Luan et al. (2013) na základě analýzy zjistil, že jak nárůst biomasy, tak výška rostliny silně koreluje s hloubkou vody. Se zvyšující hladinou vody se snižuje počet druhů, které byly schopny na zaplaveném stanovišti přežít a zároveň došlo k dominanci dvou druhů, *Carex lasiocarpa* a *Carex pseudocuraica*, další druhy se vyskytovaly vzácně. Vartapetin et Jackson (1997) ve své studii uvádějí, že saturace půdy vodou nebo její vystoupení až nad povrch je pro mnoho druhů rostlin nepříznivé a značně stresové prostředí. Mokřady jsou velice náchylné ke změnám. Zdánlivě malé změny ve výšce podzemní vody, mohou mít za následek podstatné negativní změny v druhové bohatosti rostlin, (Mitsch, Gosselink, 1986; Amlin, Rood, 2002). Změny ve výšce hladiny podzemní vody vyvolávají u mokřadních biotopů stres. Stres je způsoben jak nedostatkem vody, tak jejím nadbytkem. Trvalé přemokření má negativní vliv na většinu druhů na stanovišti. Mokřadní rostliny se však dokáží i přizpůsobit stresovým faktorům nepříznivého prostředí např. morfologické a anatomické uspořádání kořenového systému (Kellog 2003, Lopez et Kursar 2007). Vodní stres způsobuje, také to, že rostliny v tmavých podmínkách hůře kvetou než v plném světle (Kotowski et al. 2001). Odlišná tolerance rostlin k hluboké vodě u druhu *Typha latifolia* a *Typha domingensis* za nastolení stejných podmínek byla zkoumána ve Spojených státech. Experiment probíhal na umělém jezírku a trval tři roky. Na konci experimentu byly odebrány dílčí vzorky pro stanovení morfologie rostlin. Oba druhy *Typha* vykazovaly zvýšení výšky rostlin v závislosti na hloubce vody. U *T. latifoliae* bylo prokázáno prodloužení listů s rostoucí hloubkou vody. Na rozdíl od toho *T. domingensis* prokázal zvýšený počet ramet a procentuální podíl biomasy, tento druh rostli rychleji než *T. latifolia*. U obou druhů v závislosti na hladině podzemní vody se v průběhu let snižoval počet kvetoucích rostlin (Grace et Wetzel, 1981). Stres může být vyvolán nejen přemokřením, ale i suchem z nedostatku vody. Catorci et al. (2012) zkoumal, jak stres působí na kvetení rostlin ve společenstvu sečených horských luk během vegetačního období. Rostliny byly vystaveny nadměrnému suchu bez přístupu vody.

U rostlin se prokázalo, že sucho zapříčiněné nedostatkem vody má vliv na pozdní kvetení u rostlin. Podobně zkoumal rostliny Prieto et al. (2008), který u druhu *Globularia alypum* prokázal opožděné kvetení díky nedostatku vody. Typickou rostlinou, která odolává suchu je kosmatec krystalový (*Mesebryanthemum crystallinum*), který je adaptovaný na sucho a nízké teploty (Bohnert et al. 1995). Podmínky prostředí, v nichž rostlina kvete a kterým se musí přizpůsobovat určují jaké množství vody rostlina potřebuje k životu.

4.2 Klimatické faktory

Neméně důležité vlivy, který ovlivňují kvetení rostlin jsou klimatické faktory, mezi něž patří: **srážky, teplota, sněhová pokrývka** a další. Vlivem klimatických faktorů a kvetení se zabýval Prieto et al. (2008), který ve svém ve čtyřletém experimentu ve Španělsku u druhu *Globularia alypum* a *Erica multiflora* zjistil, že tyto druhy rostlin se velmi lišily mezi roky v závislosti na srážkách z předchozích měsíců.

Globularia alypum kvetl jednou nebo dvakrát za rok jako důsledek rozdílů v distribuci a velikosti srážek v pozdním jaru a létu, je tudíž více závislá na vodě, kdežto *Erica multiflora* více na teplotě. Zjišťoval také vliv tepla na rostliny, kdy oteplování prodlužovalo období mezi začátkem kvetení a na konci druhého období podzimního kvetení v roce 2001 a také zvýšení maximální intenzity v roce 2002. Již ze studie z minulého století dokazují, že kvetení rostlin je ovlivňováno teplem (Osborne et al. 1997). V tomto experimentu sucho mělo vliv na *Globularia alypum* v roce 2001, a způsobilo opožděné kvetení v roce 2002. Dalším zajímavým faktorem, který ovlivňuje rostliny je zeměpisná šířka. *Phragmites australis* byl zkoumán v různých zemích (Španělsko, Nizozemsko, Dánsko, Česká republika). bylo až pozoruhodné, zkoumat jak jarní teploty ovlivňují růst dané rostliny. Díky nízkým jarním teplotám byl růst nejpomalejší v České republice (Clevering et al. 2001). Dunne et al.(2003) zmiňuje ve svém experimentu vliv tání sněhu na kvetení u druhu *Delphinium barbeyi*, *Erigeron speciosus* a *Helianthella quinquenervis*, tyto rostliny jsou citlivé na mráz, u těchto rostlin začalo dříve vegetační období.

V posledních letech, kdy tyto rostliny byly vystaveny mrazu, pak v červnu polovina rostlin nevykvetla. Ztráta značné populace rostlin má vliv na opylovače, býložravce, které na ně spoléhají. Jiné druhy rostlin v tomto prostředí jsou podobně náchylné k poškození mrazem, takže negativní dopady se mohou ovlivnit i ostatní druhy v okolí. Tato zjištění poukazují na adaptivní význam fenologie.

Nejen Dunne et al. (2003), ale i Inouye (2008) se zaměřil na druh *Delphinium barbeyi*, který se běžně vyskytuje na horských loukách v blízkosti Rocky Mountain . V období 1977-1999 byl tento druh velmi variabilní jak v čase (datum prvního květu v rozmezí od 5 červenec-6. 08, průměr = 17 červenec) tak i v četnosti (maximálně otevřené květy na 2 × 2 m pozemku v rozmezí 11,3 - 197,9, průměr = 82). Čas a počet květu silně koreluje s předchozí zimní sněhovou pokrývkou, měřeno podle množství sněhu, který zůstane na zemi dne 15. května (v rozmezí 0 až 185 centimetrů, střední = 67.1). V tomto experimentu jsme zkoumali vztah mezi sněhovou pokrývkou, první den bez sněhové pokrývky, první den květu, počtu květenství, a počet vykvetlých rostlin, z nichž všechny významně korelují mezi sebou. Hloubka sněhové pokrývky významně koreluje s počtem květenství ($R^2 = 0,713$). Kvetení je ovlivňováno mrazem z předchozích let s nižší sněhovou pokrývkou. Rozdíly v počtu květů, které jsme pozorovali, mají vliv na opylování, systém páření, a demografie druhu.

5. Charakteristika druhů

Ostřice prodloužená (*Carex elongata*), ostřice vyvýšená (*Carex elata*), jsou vytrvalé byliny trávovitého vzhledu patřící do čeledi šáchorovitých (*Cyperaceae*), metlice trsnatá (*Deschampsia cespitosa*) a třtina šedavá (*Calamagrostis canescens*), se pak řadí do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Rod ostřic (*Carex*), obsahuje přes 2000 odlišných druhů, a jedná se o jeden z nejvýznamnějších taxonů ekologie cévnatých rostlin (Bernard 1990, Reznicek 1990).

5.1 Ostřice prodloužená (*Carex elongata*)

Nejčastěji se vyskytuje ve střední a východní Evropě. V menších populacích se pak nachází v Evropě západní (Schütz et Rave 2003). Najít ji však můžeme i na jihu Sibíře (Grulich et Řepka 2002). V České republice roste roztroušeně od nížin do podhůří (Kubát et al. 2002).

Carex elongata (Obr. 1) je vytrvalá trsnatá ostřice (Schütz 1997). Listy jsou světle zelené, jejich šířka dosahuje 0,2-0,5 cm. Lodyhy jsou zakončeny 3-7cm dlouhým květenstvím. Kvete od května do června (Kubát et al. 2002). Objevuje se nejčastěji jako trs vyčnívající nad hladinou v olšínách, kde je po většinu období voda.

Carex elongata se vyskytuje na březích rybníků, lesních potoků a mokřích loukách. Půdy preferují mokré, výživné, zásadité a písčité a hlinité (Grulich et Řepka 2002, Schütz et Rave 2003).



Obr. 1 Květenství *Carex elongata*.

Zdroj: <http://botany.cz/cs/carex-elongata/>, 2005

5.2 Ostřice vyvýšená (*Carex elata*)

Ostřice vyvýšená (*Carex elata*) má svůj areál výskytu na území celé Evropy v různých nadmořských výškách až na nejsevernější oblasti. Na území Ukrajiny, v Bělorusku a severozápadním Rusku přechází do odlišné subspecie *C. e. subsp. omskiana*, která je rozšířena až na Dálný východ a do střední Asie (Nakamatte et Lye 2007). *Carex elata* je v České republice roztroušena nerovnoměrně.

V některých oblastech je však hojná, a to například v oblastech Třeboňska, Blatenska, Mimoňska, ale jinde se vyskytuje pouze ojediněle či vzácně (Kubát et al. 2002). *Carex elata* (Obr. 2) je bylina trsnatá s tmavě zelenými až šedozelenými listy široké 0,5-0,8 cm a dosahují délky až 60 cm (Wetzel et van der Valk 1998, Suter 2009). Na spodní straně listu nalezneme průduchy (Dean et Ashton 2008, Nakamatte et Lye 2007).

Kvetoucí lodyhy jsou přímé a tuhé, asi 1m vysoké. *Carex elata* kvete od května do července. Nejčastěji se *Carex elata* vyskytuje a březích vodních nádrží, v bezlesních mokřinách a v mokřadních olšínách (Kubát et al. 2002).



Obr. 2 Květenství *Carex elata*.

Zdroj: Foto Prouzová Š, 2013

5.3 Třtina šedavá (*Calamagrostis canescens*)

Calamagrostis canescens je druh, který rozšířen v Evropě, na Kavkaze, Sibíři. V České republice se vyskytuje na většině území poměrně pomálu. Hojně je tento druh zastoupen na Třeboňsku. Tato vytrvalá tráva se řadí do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), dorůstá 60-120 cm. Stébla obvykle mají 3-5 kolének, na středních kolénkách se často větví. Listy jsou postaveny střídavě s listovými pochvami, z jejichž paždí vyrůstají tenčí boční stébla. Čepele jsou čárkovité, cca 3-8mm široké, většinou ploché, na líci mírně chlupaté, na rubu lesklé. Jazyček je 2-5mm dlouhý a na vnější straně lysý. Rostlina má sivozelenou barvu (Kubát et al. 2002). *Calamagrostis canescens* (Obr. 10) vytváří podzemní výběžky, které se šíří i několik metrů. Rostlina kvete od června - srpna (Březina et al. 2005).



Obr. 3 Květenství *Calamagrostis canescens*

Zdroj: <http://swbiodiversity.org/seinet/imagelib/imgdetails.php?imgid=316487>

5.4 Metlice trsnatá (*Deschampsia cespitosa*)

Metlice trsnatou (*Deschampsia cespitosa*) se vyskytuje téměř po celém světě (Chiapella et Probatova 2003). Tento druh nalezneme v Severní Americe, Grónsku, Africe, na Novém Zélandu, Tasmánii a jihovýchodní Austrálii (Scurfield 1980). V České republice se vyskytuje hojně po celém území (Kubát et al. 2002). *Deschampsia cespitosa* (Obr. 4), je řazena do čeledi lipnicovitých, je to vytrvalá hustě trsnatá bylina. Genetya je velmi dlouhověká, dožívají se třiceti i více let.

Čepele jsou ploché, 0,2-0,5cm široké, na líci výrazně podélně žebernaté. Druh dosahuje výšky 20 až 200cm. Květenství je jehlanovitá lata. Kveté od června do července (Scurfield 1980).

Deschampsia cespitosa je variabilním druhem, a to díky fenotypové plasticitě a genetické variabilitě (Scurfield 1980, Rother et Davy 1986, Nkongolo et al. 2001, Chiapella et Probatova 2003, Chedorzewska et Bednarek 2011, Göransson et al. 2011).



Obr. 4 Květenství *Deschampsia cespitosa*.

Zdroj: <http://botany.cz/cs/deschampsia-cespitosa/>

6. Případová studie

V případové studii budu v zahradním experimentu zjišťovat, zda se mokřadní druhy liší úspěšností kvetení na jednotlivých vodních režimech a zda je kvetení mokřadních druhů ovlivněno dostupností vody v daném nebo předcházejícím roce.

Během vegetační sezóny 2013 budou na experimentální zahradě se simulovaným vodním režimem zaznamenány údaje o kvetení u čtyř koexistujících druhů mokřadních olšin (tj. *Calamagrostis canescens*, *Carex elongata*, *C. elata* a *Deschampsia cespitosa*). Bude simulován suchý, vlhký a kolísavý vodní režim v experimentálních nádobách.

Na rostlinách pěstovaných v různých vodních režimech budou zjištěny údaje o kvetení rostlin, tj. přítomnost květenství a velikost květenství. Statisticky budu vyhodnocovat vliv vodního režimu na kvetení rostlin v daném a následujícím roce. Pro statistické zhodnocení dat budou využity také údaje o kvetení z roku 2012.

Testované hypotézy:

1. Vliv vodních režimů na druhy jednotlivých rostlin mezi roky 2012,2013.
2. Vliv hladiny vody na délku květenství.
3. Vliv hladiny vody na počet klasů.
4. Vliv hladiny vody na samčí, samičí a oboupohlavné orgány.

7. Metodika

7.1 Popis zahradního experimentu

Zahradní experiment se nachází na 83 m²a je situován do obce Hutě-Černýšovice

(viz Obr. 5), které se nacházejí 4 km severovýchodně od Bechyně.



Obr. 5 Lokalizace zájmového území

www.mapy.cz

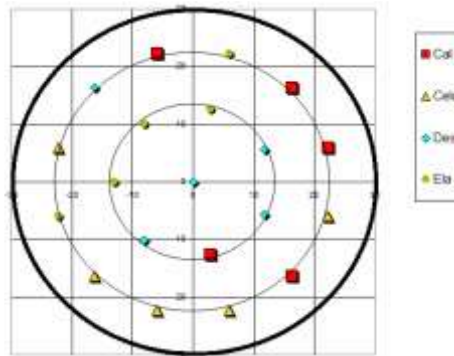
Na 16 lokalitách, které se nacházejí v oblasti Třeboňska (viz tab. 1) byla sebrána semena 4 druhů cévnatých rostlin: *Carex elongata*, *Carex elata*, *Deschampsia cespitosa*, *Calamagrostis canescens*.

Druh	Zkratka	Lokalita populace	Zkratka lokality	Počet jedinců	WGS GPS souřadnice
<i>D. cespitosa</i>	<i>Des</i>	Nový rybník	N	10	49.28°N,14.61°E
<i>D. cespitosa</i>	<i>Des</i>	Starý rybník	S	10	49.29°N,14.60°E
<i>D. cespitosa</i>	<i>Des</i>	Vyhnanický rybník	V	10	49.31°N,14.59°E
<i>D. cespitosa</i>	<i>Des</i>	Sudoměřce u Bechyně	Sudo	3	49.29°N,14.53°E
<i>C. canescens</i>	<i>Cal</i>	Nový rybník	N	10	49.28°N,14.61°E
<i>C. canescens</i>	<i>Cal</i>	Starý rybník	S	10	49.29°N,14.60°E
<i>C. canescens</i>	<i>Cal</i>	Vyhnanický rybník	V	10	49.31°N,14.59°E
<i>C. elongata</i>	<i>Celo</i>	Černiš	Č	10	49.00°N,14.43°E
<i>C. elongata</i>	<i>Celo</i>	Vitmanov2	V2	10	49.01°N,14.83°E
<i>C. elongata</i>	<i>Celo</i>	Vitmanov3	V3	10	48.99°N,14.85°E
<i>C. elata</i>	<i>Ela</i>	Černiš	Č	17	49.00°N,14.43°E
<i>C. elata</i>	<i>Ela</i>	Vitmanov1	V	1	49.02°N,14.83°E
<i>C. elata</i>	<i>Ela</i>	Vitmanov2	V2	4	49.01°N,14.84°E
<i>C. elata</i>	<i>Ela</i>	Vitmanov3	V3	4	48.99°N,14.85°E
<i>C. elata</i>	<i>Ela</i>	Vitmanov4	V4	4	48.98°N,14.87°E
<i>C. elata</i>	<i>Ela</i>	Starý hospodář	SH	2	48.99°N,14.88°E

Tab. 1 Seznam lokalit, na kterých byl prováděn odběr semen jednotlivých druhů rostlin.

Nasbíraná semena byla stratifikována při teplotě 4°C a od poloviny února do poloviny března 2011. Semena byla dána na Petriho misky, do kterých jsme vložili navlhčený filtrační papír. Semena byla ponechána ve vlhkém prostředí v temnu. Pro napěstování semenáčků, byla semena vyseta do sadbovačů v březnu 2011. Semenáčky byly přesazovány, při velikosti cca 5 cm do 52 nádob o průměru 60 cm, hloubce 36 cm a objemu 90 litrů konce května 2011. Do každé nádoby bylo vysazeno 20 semenáčků. Experimentální nádoby, byly navršeny až po okraj zeminou, která byla směsí rašeliny a písku, poměr odpovídá 2:1. Odumřelí jedinci byli nahrazováni po dobu jednoho měsíce, čímž se minimalizoval vliv přesazování na přežívání semenáčků.

Celý zahradní experiment (Obr. 6) je sestaven z 52 nádob (Obr. 7). Pod nádobami je půda pokryta netkanou textilií, nežádoucí plevelé jsme průběžně vytrhávali.



Obr. 6 Ukázka rozmístění semenáčků
Zdroj: Šiftová Kateřina, 2011

Plocha je zakrytá stínící tkaninou slunotexem, která propouští světlo z 58%. Slunotex zde je proto, aby simuloval zastínění v mokřadních olšínách. Každá nádoba je očíslována příslušným číslem (1-52), kdy v každé řadě jsou 4 nádoby a v nich po 5 jedincích od každého druhu.



Obr. 7 Pohled na zahradní experiment
Zdroj: Prouzová Šárka, 2013

V roce 2011 byly všechny rostliny na mokřem režimu, aby se uchytilo největší počet semenáčků. Teprve v roce 2012 se 18 nádob ponechalo na suchém režimu, zbylých 38 pak bylo trvale zamokřováno. V roce 2013 část nádob, převedlo na suchý režim, tím nám v 17 nádobách vznikl režim kolísavý. V roce 2013 bylo 17 nádob na trvale mokřem vodním režimu, 18 s trvale suchým vodním režimem a 17 s kolísavým vodním režimem (Obr. 8, 9,10).



Obr. 8,9,10 Označení nádoby s vlhkým, suchým, kolísavým režimem.
Zdroj: Prouzová Šárka, 2013

7.2 Sběr dat

V rámci naší studie byla zkoumána především schopnost rostliny reagovat na daný vodní režim. U každé nádoby jsem zkontrolovala jednotlivé rostliny, zda kvetou či nekvetou. Poté jsme u každé rostliny v nádobě měřila dané charakteristiky. U druhu *Deschampsia cespitosa*, *Carex elongata*, *Calamagrostis canescens* pomocí skládacího metru délku květenství. U druhu *Carex elata* pak počet klasů, výskyt samčích, samičích a oboupohlavních orgánů.

8. Statistické analýzy

Získaná data byla zpracována v programech MS Office Excel 2007 a R 3.0.3. Před provedením analýz byla použita transformace dat. Transformace byla provedena z toho důvodu, abychom data přiblížily normálnímu rozdělení. Boxcoxova transformace byla použita pro vliv dostupnosti vody na kvetení rostlin. Rozdíly mezi kveteními v jednotlivých letech měli normální rozdělení. Vliv dostupnosti vody na kvetení rostlin a rozdíly mezi roky byly hodnoceny pomocí funkce `lmer(linear mixed model)`, (package `lme4`, Bates a Maechler 2010). Nejdříve

jsem si vytvořila základní model se všemi sledovanými faktory a o testovala jsem jeho průkaznost.

Pokud se neukázal jako průkazný na hladině signifikance 0,005, pokračovala jsem ve zjednodušování základního modelu. Nejprve byla odebrána interakce (rok:hladina vody) a poté podle nejmenší průkaznosti další faktory. Průkaznost jsem porovnávala podle AIC (čím nižší AIC, tím průkaznější model) a podle hodnoty pravděpodobnosti P. Pro všechny rozměrové veličiny jako je délka květenství, jsem použila Gaussovo rozdělení. Pro veličiny obsahující počet, jako jsou počty klasů, samčích samičích a oboupohlavních orgánů pak Poissonovo rozdělení. V případě hodnot *Calamagrostis canescens* byl nejprve spočítán medián za celou nádobu pro každou měřenou veličinu a teprve poté počítána statistická analýza. Zde jsem nepoužila smíšený lineární model, ale lineární model (LM).

Pro testované hypotézy sloužily tyto charakteristiky jako základní:

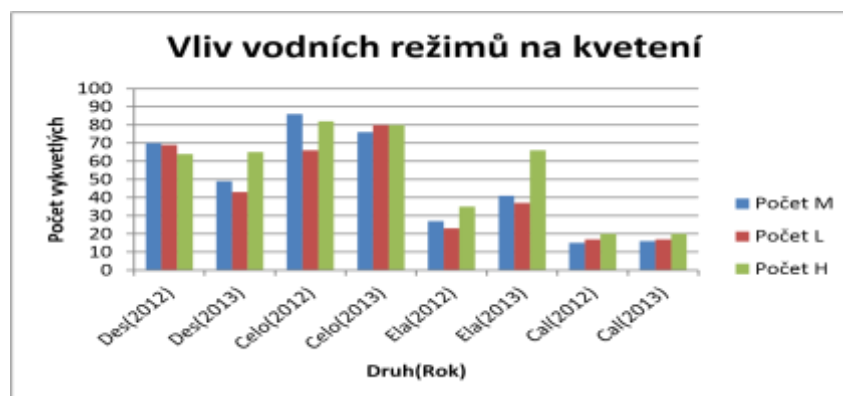
1. Číslo nádoby (1 – 52).
2. Pozice rostliny (1 – 4, nepočítají se všechny rostliny od jednoho druhu, ale počítá se každý druh zvlášť).
3. Vodní režim (L – suchý, M- kolísavý, H – vlhký).
4. Druh rostlin (*Calamagrostis canescens*, *Carex elata*, *Carex elongata*, *Deschampsia cespitosa*).
5. Rok (2012, 2013).

8.1 Výsledky

Data byla získána z 52 nádob a měřena třikrát v průběhu vegetační sezóny v roce 2012 a 2013. Bylo zjištěno, že druhy se odlišují ve všech charakteristikách kvetení, a jsou tu poměrně značné rozdíly mezi roky a vodními režimy. Jako první bylo zjišťováno, zda daná rostlina kvete nebo nekvete v daném roce, dle Fisherova testu. Poté jsme zkoumali pomocí lineárních modelů vliv vodního režimu na délku květenství, počet klasů, počet samčích, samičích a oboupohlavních orgánů. Celkem tedy bylo testováno 5 závislých proměnných. U *Carex elaty* jsme neměřili délku květenství, naopak počet klasů samčích samičích a oboupohlavních orgánů ano.

1. Působení vodních režimů na kvetení druhů v jednotlivých letech 2012-2013.

Z konečných výsledků analýz je možné vyčíst, spolupůsobení vodního režimu mezi roky na kvetení jednotlivých druhů. Účinek vodního režimu se projevil průkazně u všech druhů a to: *Deschampsia cespitosa* ($p < 8.855 \cdot 10^{-16}$), *Carex elata* ($p < 9.832 \cdot 10^{-5}$), *Carex elongata* ($p < 1.081 \cdot 10^{-6}$), neprůkazně pak u druhu *Calamagrostis canescens* ($p = 1$). Z grafu (Obr. 11) vyplývá, že vodní režim ovlivňuje kvetení rostlin, na každý vodní režim však každý druh reaguje odlišně, buď kvetou více, nebo méně. Pro druhy *Deschampsia cespitosa* a *Carex elongata* má nejpozitivnější účinek v roce 2012 kolísavý režim v roce 2013 pak vlhký režim, u druhu *Carex elata* v roce 2012 i v roce 2013 nejlépe působí na kvetení vlhký vodní režim. *Calamagrostis canescens* je druh, který kvetl na všech režimech podobně, u tohoto druhu nebyla prokázána interakce, kvetení zůstalo pro rok 2012 a rok 2013 neměnné a nebyl zaznamenán žádný vliv vodních režimů.



Obr. 11 Vliv vodních režimů na kvetení jednotlivých druhů rostlin mezi roky 2012/2013. Modrý sloupec je pro kolísavý režim, červený pro suchý a zelený pro vlhký. Osa x znázorňuje počet rostlin konkrétního druhu (Des-*Deschampsia cespitosa*, Celo-*Carex elongata*, Ela-*Carex elata*, Cal-*Calamagrostis canescens*) za jednotlivá období, osa y počet vykvetlých rostlin.

2. Působení vodních režimů na charakteristiky kvetení v průběhu let.

Vzhledem k tomu, že rok ovlivňuje všechny závislé proměnné, byly provedeny následující analýzy, kde byl testován vliv vodního režimu na jednotlivé druhy v letech 2012-2013. Poté co jsme provedli analýzu vlivu vodního režimu (suchého, mokrého či kolísavého) na charakteristiky kvetení jednotlivých druhů pro každý rok zvlášť se vodní režim ukázal jako průkazný ve všech případech.

V roce 2012 a 2013 se jeho účinek projevil na a) délku květenství (0,05), na b) počet klasů u druhu *Carex elata* ($p = 0,001$), podobně pak na c) počet samčích ($p > 2.2^{-16}$), d) samiččích (0,002) a c) oboupohlavních orgánů ($p = 0,008$). Níže uvedené grafy znázorňují vliv jednotlivých režimů na délku květenství, počet klasů, samčích, samiččích a oboupohlavních orgánů.

Dle grafu (Obr. 12) *Deschampsia caespitosa* nejlépe prosperovala na vlhkém režimu jak v roce 2012 tak v roce 2013. U *Carex elongaty* byl zaznamenán největší vliv na délku květenství na vodním režimu vlhkém. *Calamagrostis canescens* měla největší nárůst v roce 2012 na suchém vodním režimu obdobně pak v roce 2013. Z výsledků lze říci, že délka květenství je nejvíce ovlivněna u druhu *Deschampsia caespitosa* vlhkým vodním režimem stejně jako u *Carex elongaty*. *Calamagrostis canescens* byla nejvíce ovlivněna suchým vodním režimem. Druh *Carex elata* je dle výsledků z grafu (Obr. 13) v závislosti na letech 2012-2013 velice proměnlivá, nelze říci, na jakém vodním režimu se tomuto druhu dařilo nejlépe v početnosti klasů. U *Carex elaty* je patrné, že největší vliv na počet samčí pohlavních orgánů v roce 2012 měl vodní režim vlhký obdobně pak v roce 2013. Obdobně pak samičí pohlavní orgány byly také ovlivněny nejvíce vlhkým vodním režimem jak v roce 2012 tak v roce 2013. Stejný případ nastal i u oboupohlavních orgánů. Z výsledků lze říci, že vodní režim vlhký ovlivňoval nejvíce samčí, samičí i oboupohlavné (Obr. 14).

a) mo2: delka ~ voda + Rok + (1 | maltovník) + (1 | pozice)
mo1: delka ~ voda * Rok + (1 | maltovník) + (1 | pozice)
Df AIC BIC logLik deviance Chisq Chi Df Pr(>Chisq)
mo2 7 2133.8 2160.2 -1059.9 2119.8
mo1 9 2132.0 2166.1 -1057.0 2114.0 5.7369 2 0.05679 .

b) mo2: pocetklasu ~ voda + Rok + (1 | maltovník) + (1 | pozice)
mo1: pocetklasu ~ voda * Rok + (1 | maltovník) + (1 | pozice)
Df AIC BIC logLik deviance Chisq Chi Df Pr(>Chisq)
mo2 7 2867.2 2893.7 -1426.6 2853.2
mo1 9 2866.8 2900.9 -1424.4 2848.8 4.4151 2 0.001

c) mo2: pocetsamc ~ voda + Rok + (1 | maltovník) + (1 | pozice)
mo1: pocetsamc ~ voda * Rok + (1 | maltovník) + (1 | pozice)
Df AIC BIC logLik deviance Chisq Chi Df Pr(>Chisq)
mo2 7 1122.8 4160.2 -1056.9 3108.8
mo1 9 1132.0 4166.1 -1057.0 3114.0 5.4269 2 2.2e-16

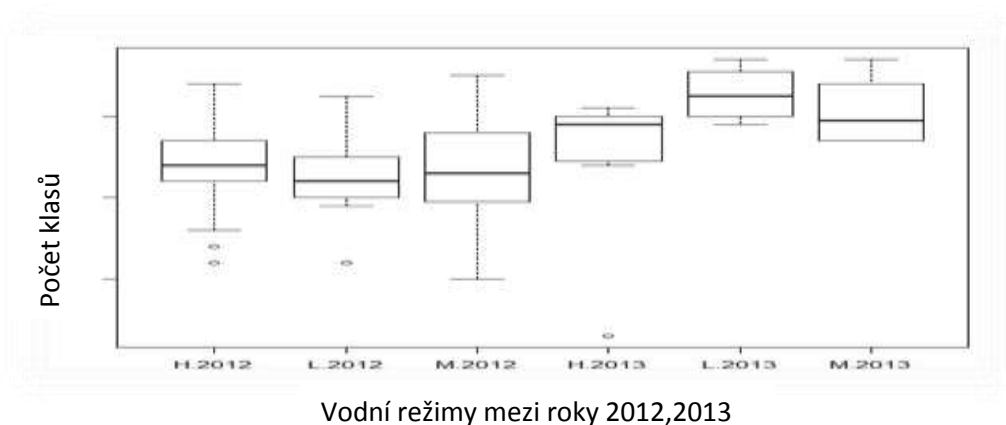
d) mo2: pocetsamic ~ voda + Rok + (1 | maltovník) + (1 | pozice)
mo1: pocetsamic ~ voda * Rok + (1 | maltovník) + (1 | pozice)
Df AIC BIC logLik deviance Chisq Chi Df Pr(>Chisq)
mo2 7 3133.7 2216.2 -1009.9 2007.8
mo1 9 3132.0 2166.1 -1010.0 2008.0 2.456 2 0.002

e) mo2: pocetob ~ voda + Rok + (1 | maltovník) + (1 | pozice)
mo1: pocetob ~ voda * Rok + (1 | maltovník) + (1 | pozice)
Df AIC BIC logLik deviance Chisq Chi Df Pr(>Chisq)
mo2 3 2633.8 2160.2 -1059.9 2019.8
mo1 4 022.0 3066.1 -1057.0 1051.0 5.7369 2 0.008

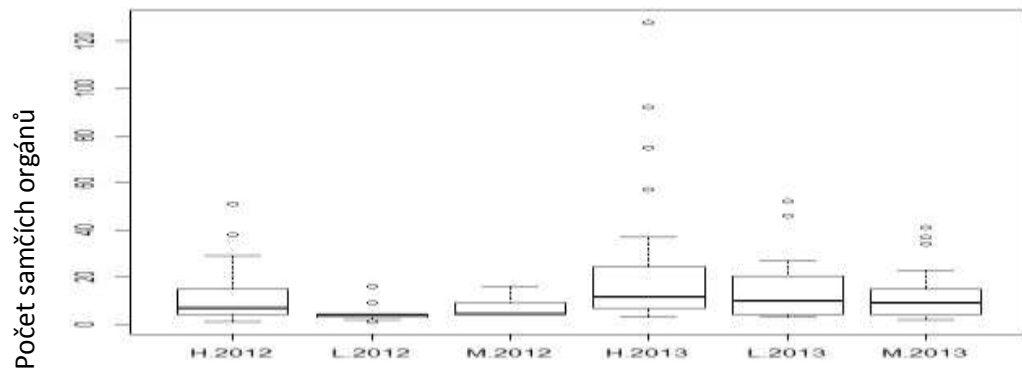
Obr. 12 Výsledky testovaných hypotéz pomocí lmer modelů.



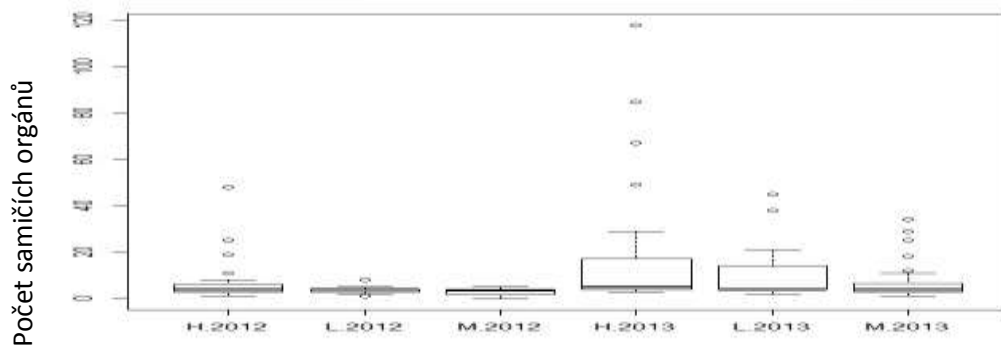
Obr. 13 Vliv vodních režimů na délku květenství jednotlivých druhů rostlin mezi roky 2012/2013. Modrý sloupec je pro kolísavý režim, červený pro suchý a zelený pro vlhký. Osa x znázorňuje počet rostlin konkrétního druhu (Des-*Dechampsia cespitosa*, Celo-*Carex elongata*, Ela-*Carex elata*, Cal- *Calamagrostis canescens*) za jednotlivá období, osa y délku květenství.



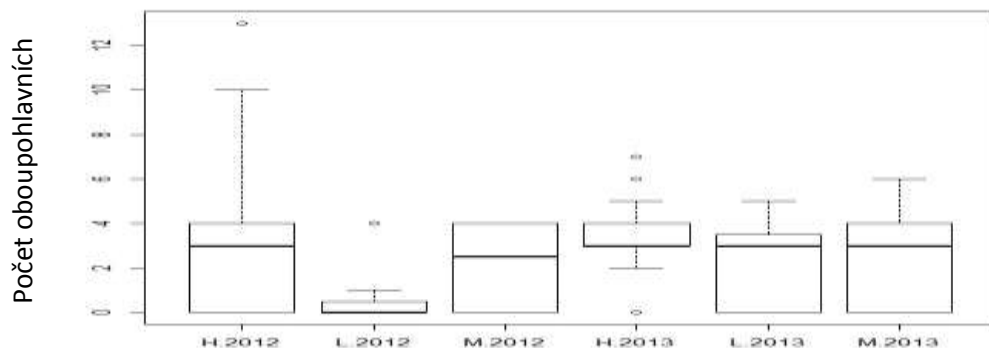
Obr. 14 Na grafu je znázorněn vodní režim osa x, který ovlivňoval jejich počet (H-vlhký vodní režim, L- suchý vodní režim, M- kolísavý vodní režim) a počet klasů osa y *Carex elaty* .



Vodní režimy mezi roky 2012,2013



Vodní režimy mezi roky 2012,2013



Vodní režimy mezi roky 2012,2013

Obr. 15: Na grafu je znázorněn vodní režim osa x, který ovlivňoval jejich počet(H-vlhký vodní režim, L-suchý vodní režim, M- kolísavý vodní režim) a na ose y počet samičích pohlavních orgánů (nahore), samičích (uprostřed), oboupohlavních (dole) u *Carex elaty* .

9. Diskuse

O tom jak vodní režim působí na složení jedinců ve společenstvu, bylo napsáno již mnoho studií (Thompson 1992, Smith et Brock 1996 aj.), ale o mnoho méně jich je zaměřeno na to, jaké účinky má kolísavost vodního režimu na jejich úspěšnost (Warwick et Brock 2003). V této práci nás hlavně zajímalo, jak reagují čtyři druhy v experimentálním mokřadním společenstvu na změny vodního režimu. Výsledky ukazují, že vodní režim má zřetelný vliv na kvetení rostlin. U druhu *Deschampsia cespitosa* měl největší vliv na charakteristiky kvetení vodní režim vlhký obdobně jako u *Carex elata* a *Carex elongaty*. U druhu *Calamagrostis canescens* se nejvíce dařilo v charakteristikách kvetení na režimu suchém. Byla, zde také prokázána interakce mezi vodním režimem a roky u všech druhů kromě *Calamagrostis canescens*.

9.1 Reakce druhů na jednotlivé režimy

Carex elata reagovala prokazatelně nejlépe v charakteristikách kvetení na vlhkém režimu. *C. elata* by se měla podle Brock-Casanova (1997) rozdělení řadit mezi druhy reagující na kolísavost vody, což se nám v tomto experimentu nepotvrdilo. Podobně pak i u *Carex elongaty*. Naproti tomu *Calamagrostis canescens* se daří jak na vlhkém, tak i na suchém simulovaném profilu. *Calamagrostis canescens* patří mezi kompetičně silný druh (Březina et al. 2005), v našem případě byla spíše limitována druhem *C. elata*, který se ukázal jako celkově nejsilnější druh ve společenstvu. *C. elata* může mít schopnost dominovat ve společenstvu. Rychle dosahuje vysokého vertikálního růstu, přičemž zabraňuje v rozvoji jiným druhům (Wetzel et Van Der Valk 1998). Mokrý režim se zdá být vhodný pro *Deschampsia cespitosa*, alespoň co se délky květenství týká, pro počet vykvetlých rostlin se druhu *Deschampsia cespitosa* dařilo nevíce na kolísavém vodní režimu. V našem případě je však obtížné určit, které podmínky jsou pro vybrané druhy příznivé či nepříznivé.

Druhy reagují na jeden vodní režim v různých letech velmi různorodě. Především v tom, že jeden rok na suchém režimu počet rostlin narůstá a v následujícím roce na stejném režimu klesá. Podobné je to i s délkou květenství či počtem pohlavních orgánů (viz Obr. 20).

Žádný zkoumaný druh nevyžaduje ani jeden z režimů, aby byl schopen udržet existenci populace. Ke stejnému závěru došli i Adler et al. (2006) ve své studii zkoumající préríjní trávy. Zkoumali se druhy *Bouteloua hirsuta* a *Schizachyrium scoparium*, které potřebují proměnlivé klima pro svou koexistenci, *Bouteloua curtipendula* byla schopná koexistence bez ohledu na proměnlivost prostředí. Vzhledem k tomu, že nelze určit, zda druhům vyhovuje suchý, mokrý či kolísavý vodní režim, nelze ani odpovědět, zda byli splněny hypotézy, které jsme si zadaly. Všechny charakteristiky pro kvetení druhů, jsou dány tím, že každý druh má své odlišné vlastnosti (Grime et al., 1997; Pach, Pyšek 1999; Craine et al., 2002). V experimentálním mokřadním společenstvu, dochází k ovlivňování druhů, které je vzájemné. Pěstované druhy mají obdobné nároky na zdroje. Optima jednotlivých druhů se však liší (Douda et al., 2011). Nejvíce ovlivňuje výskyt druhů mokřadní olšiny kolísání podzemní vody. Tyto podmínky pak určují charakteristiku celého společenstva. Podrobněji se kvetením u mokřadních druhů zabývali Warwick et Brock (2003), bylo zjištěno, že hladina vody ovlivňovala kvetení rostlin odlišně na družích, což se potvrdilo i v našem experimentu.

10. Závěr

Tato bakalářská práce se dělí na dvě části. V první jsem popsala, jaké vlivy ovlivňují kvetení rostlin. V druhé praktické části jsem zjišťovala, jaký vliv má vodní režim na kvetení druhů mezi roky, dále byly sledovány charakteristiky, typické pro kvetení pěstovaných druhů při změnách vodních režimů (délku květenství, počet klasů, samčích, samiččích a oboupohlavních orgánů u čtyř koexistujících druhů (*Carex elata*, *Carex elongata*, *Calamagrostis canescens*, *Deschampsia cespitosa*). Snažila jsem se zjistit, jak na ně působí vodní režim. Ukázalo se, že u všech druhů byly prokázány změny na kvetení zapříčiněné vodním režimem. Každá charakteristika u jednotlivého druhu se měnila dle vodního režimu, některým druhům se dařilo pak méně či více i v souvislosti s roky. Z této práce je patrné, že vodní režim ovlivňuje kvetení rostlin, není to však určitě jediný faktor, který má na kvetení vliv. Všeobecně podmínky, v kterých se rostlina nachází, proto musí být optimální, aby se jí dařilo.

Tato bakalářská práce by měla přispět k poznatkům o kvetení rostlin, které jsou ovlivněny vodními režimy. Avšak je to jen zlomek toho, abychom objasnili a vůbec pochopili to, co se ve společenstvu mokřadních olšin děje. Jelikož je zde tento experiment veden dlouhodobě, dá se na něm zjistit mnoho o vztazích v mokřadních olšinách a určitě nám pomůže pochopit tuto problematiku bližším pozorováním.

11. Seznam použité literatury

ADLER P. B., HILLERISLAMBERS J., KYRIAKIDIS P. C., GUAN Q. F., LEVINE J. M., 2006: Climate variability has a stabilizing effect on the coexistence of prairie grasses. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 103:12793–98.

BATES D. et MAECHLER M., 2010: lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and syntax. R package version 0.999375-37, online: <http://cran.rproject.org/web/packages/lme4/index.htm>, cit. 29. 3.2014.

BERNARD J. M., 1990: Life history and vegetative reproduction in *Carex*. *Canadian Journal of Botany* 68:1441-1448 .

BERRIGAN D., KOELLA J. C., 1994: The evolution of reaction norms: simple models for age and size at maturity. *Journal of Evolutionary Biology* 7: 549–566.

BOHNERT H. J., NELSON D. E., JENSEN R. G., 1995: Adaptations to Environmental stresses, *Plant cell* 7: 1099-1111.

BŘEZINA S., KOUBEK T., MÜNBERGOVÁ Z., HERBEN T., 2005: Ecological benefits of integration of *Calamagrostis epigejos* ramets under field conditions. *Flora* 201: 461 – 467.

CATORCI A., CESARETTI S., GATTI R., et TARDELLA F. M. 2012: Trait-related flowering patterns in submediterranean mountain meadows. *Plant Ecology*, 1-14.

CLEVERING A. O. BRIX H., LUKAVSKA J., 2001: Geographic variation in growth responses in *Phragmites australis*. *Aquatic Botany*, 69, 89-108.

CRAINE J. M., TILMAN D., WEDIN D., REICH P., TJOELKER M., DOUDA J., BOUBLÍK K., DOUDOVÁ A., DRAŠNAROVÁ A., 2002: Plant species coexistence at local scale in temperate swamp forest: test of habitat heterogeneity hypothesis. *Oecologia* 168.

GRACE J. B. et WETZEL R. G., 1981: Effects of Size and Growth Rate on Vegetative Reproduction in *Typha*. *Oecologia* 50: 158–161.

GRULICH V. et ŘEPKA R., 2002: *Carex L. -ostřice*. Klíč ke květeně České republiky: 801-820s.

CHIAPPELLA J. et PROBATOVA N. S., 2003: The *Deschampsia cespitosa* complex (Poaceae: Aveneae) with special reference to Russia. *Botanical Journal of the Linnean Society* 142:213–228

KELLOG C. H., BRIDGAM S. D. et LEICHT S. A., 2003: Effects of water level, shade and time on germination and growth of freshwater marsh plants along a simulated succesional gradient. *Journal of Ecology* 91:274-282.

KOTOWSKI W., van J. ANDEL, van R. DIGGELEN, HOGENDORF J., 2001: Responses of fen plant species to groundwater level and light intensity. *Plant Ecology* 155: 147–156.

KUBÁT K., HROUDA L., CHRTEK J. jun., KAPLAN Z., KIRSCHNER J. et ŠTĚPÁNEK J. 2002: Klíč k úplné květeně České republiky. Academia. Praha. 928 s.

LEPŠ J. et ŠMILAUER P., 2000: Mnohorozměrná analýza ekologických dat. Jihočeská univerzita, České Budějovice: 102 s.

LOPEZ O. R. et KURSAR T. A., 2007: Interannual variation in rainfall, drought stress and seedling mortality may mediate monodominance in tropical flooded forests. *Oecologia* 154: 35–43.

LUAN Z., WANG Z., YAN D., LIU G. et XU Y., 2013: The Ecological Response of *Carex lasiocarpa* Community in the Riparian Wetlands to the Environmental Gradient of Water Depth in Sanjiang Plain, Northeast China. *The Scientific World Journal*.

MAGEE T. K. et KENTULA M. E., 2005: Respons of wetland plant species to hydrologic conditions. *Wetlands Ecology and Management* 13: 163-181

MÉNDEZ M., KARLSSON P. S., 2004: Between-population variation in sizedependent reproduction and reproductive allocation in *Pinguicula vulgaris* (Lentibulariaceae) and its environmental correlates. *Oikos* 104: 59–70.

- NAKAMATTE E. et LYE K. A., 2007: AFLP-based differentiation in north Atlantic species of *Carex* sect. *Phacosystis*. *Nordic Journal of Botany* 25:318-328.
- OSBORN T. C., KOLE C., PARKIN I.A.P., SHARPE A.G., KUIPER M., LYDIATE D.J., TRICK M., 1997: Comparison of Flowering Time Genes in *Brassica rapa*, *B. napus* and *Arabidopsis thaliana*. *Genetics* 146/3:1123-1129.
- PEZESHKI S. R., 2001: Wetland plant responses to soil flooding. *Environmental and Experimental Botany* 46: 299–312.
- PRIETO P., PENUELAS J., OGAYA R. et ESTIRTE M., 2008: Precipitation-dependent flowering of *Globularia alypum* and *Erica multiflora* in Mediterranean shrubland under experimental drought and warming, and its interannual variability. *Annals of botany*, 102(2), 275-285.
- REZNICEK A., 1990: Evolution in sedges (*Carex*, Cyperaceae). *Canadian Journal of Botany* 68: 1409-1432.
- SCURFIELD G., 1980: Biological flora of the British isles: *Deschampsia caespitosa*. *Journal of Ecology* 60:1057-1096.
- SHIPLEY B., KEDDY P. A. et LEFKOVITCH L. P. 1991: Mechanisms producing plant zonation along a water depth gradient: a comparison with the exposure gradient. *Canadian Journal of Botany* 69 1420-1424.
- SCHÜTZ W. et RAVE G., 2003: Variation in seed dormancy of the wetland sedge *Carex elongata* between populations and individuals in two consecutive years. *Seed Science Research* 1:315-322.
- STEARNS S. C., KOELLA J. C., 1986: The evolution of phenotypic plasticity in life-history traits: predictions of reaction norms for age and size at maturity. *Evolution* 40: 893–913.
- SUTER M., 2009: Reproductive allocation of *Carex flava* reacts differently to competition and resources in a designed plant mixture of five species. *Plant Ecology* 201:481–489.

WARWICK W. M. et BROCK A., 2003: Plant reproduction in temporary wetlands: the effects of seasonal timing, depth, and duration of flooding. *Aquatic Botany* 77: 153–167.

WEINER J., CAMPBELL L. G., PINO J., ECHARTE L., 2009: The allometry of reproduction within plant populations. *Journal of Ecology* 97: 1220–1233.

WETZEL P. R. et VAN DER VALK A. G., 1998: Effects of nutrient and soil moisture on competition between *Carex stricta*, *Phalaris arundinacea* and *Typha latifolia*. *Plant Ecology* 138:179–190.

XIONG L. et ISHITANY M., 2006: Stress signal transduction: components, pathways, and network integration. In AK Rai, T Takabe, eds, *Abiotic Stress Tolerance in Plants*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp 3–29.