



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Pedagogická fakulta  
Katedra biologie

Diplomová práce

# Preference mikrohabitatu pro přezimování vodních ploštic

Vypracoval: Bc. Petr Čihák  
Vedoucí práce: RNDr. Tomáš Ditrich, Ph.D

České Budějovice 2020

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji diplomovou 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 diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum:

Podpis studenta:

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval především panu RNDr. Tomáši Ditrichovi, Ph.D za odborné vedení, ochotu, pomoc při experimentu, cenné rady a čas, který mi v průběhu zpracování diplomové práce věnoval. Dále velmi děkuji také své rodině a nejbližším za podporu a trpělivost při psaní této práce.

## **Abstrakt**

Čihák P., 2020: Preference mikrohabitatu pro přezimování vodních ploštic. Diplomová práce. Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 44 s.

Tato diplomová práce se zabývá přezimováním vodních ploštic. Cílem práce bylo experimentálně zjistit, jaké mikrohabitaty preferují tyto ploštice pro jejich přezimování. Experiment se konal ve skleníku na výukové zahradě PF JU v Českých Budějovicích (48° 58'32.182 "N, 14° 26'54.218" E) od začátku listopadu 2017 až do začátku března 2018. Ve skleníku byly vytvořeny suchozemské i vodní mikrohabitaty k potenciálnímu přezimování ploštic. Definované počty jedinců daného druhu byly vloženy v boxech s malým množstvím vody doprostřed skleníku. Zdrojem vodních ploštic byly okolní rybníky a zahradní jezírko, které leží na výukovém pozemku. Na konci experimentu byly všechny mikrohabitaty a jejich okolí důkladně prohlédnuty a nalezení jedinci (živí i mrtví) spočítáni a dáni do připravených vzorkovnic s koncentrovaným lihem.

Výsledkem je, že znakoplavky preferují hlavně vodní mikrohabitaty, především s tlejícím listím. Klešťanky neupřednostňují žádných z nabízených mikrohabitatů a pravděpodobně unikly škvírami ve skleníku. Splešťule a jehlanky zůstaly po celou dobu experimentu v původním boxu. Zatímco jehlanky uhynuly, splešťule zde přežily experiment, dokud nedošlo k úplnému promrznutí na několik dní po sobě.

Klíčová slova: vodní hmyz, Nepomorpha, přezimovací habitaty, chladová odolnost

## **Abstract**

Čihák P., 2020: Microhabitat preferences for overwintering water bugs. Diploma thesis. Faculty of Education, University of South Bohemia in České Budějovice, 44 p.

This diploma thesis deals with overwintering of water bugs. The goal of the thesis is to experimentally find out what microhabitats do these water bugs prefer for overwintering. The experiment took place in the greenhouse in the educational garden of PF JU in České Budějovice (48° 58'32.182 "N, 14° 26'54.218" E) from the beginning of November 2017 to the beginning of March 2018. Terrestrial and water microhabitats were created in the greenhouse. They served as a place for potential overwintering of the water bugs. Defined numbers of individuals of given species were put into the center of the greenhouse in boxes with small amount of water. The source of the water bugs were surrounding ponds and a pool in the educational garden. At the end of the experiment, all microhabitats and their surroundings were closely looked through. The found individuals (both alive and dead) were counted and put into sample containers filled with concentrated alcohol.

The results are following. Notonectidae prefer mainly water microhabitats, mainly when there are rotting leaves. Corixidae do not prefer any of these microhabitats and presumably they escaped through the little holes in the greenhouse. Nepidae stayed in the original box throughout the experiment. The *Ranatra linearis* died, whereas *Nepa cinerea* survived until frosts that caused complete freezing for several following days.

Key words: aquatic insects, Nepomorpha, overwintering sites, cold hardiness

# Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Literární rešerše.....</b>	<b>2</b>
2.1 Vodní ploštice (Nepomorpha) .....	2
2.1.1 Klešťankovití (Corixidae).....	3
2.1.2 Znakoplavkovití (Notonectidae).....	4
2.1.3 Splešťulovití (Nepidae).....	4
2.2 Diapauza a chladová odolnost .....	4
2.2.1 Principy chladové odolnosti u hmyzu.....	7
2.3 Přezimování vodního hmyzu .....	9
2.3.1 Přezimování Nepomorpha .....	10
2.4 Přezimovací habitaty .....	13
<b>3. Materiál a metody.....</b>	<b>14</b>
3.1 Modelové organismy .....	14
3.2 Sbíráání a uchovávání živočichů .....	18
3.3 Experimentální design .....	19
<b>4. Výsledky.....</b>	<b>25</b>
4.1 Preference mikrohabitatu pro přezimování znakoplavky <i>N. glauca</i> .....	25
4. 2 Preference mikrohabitatu pro přezimování znakoplavky <i>N. maculata</i> .....	26
4. 3 Preference mikrohabitatu pro přezimování r. <i>Notonecta</i> .....	27
4. 4 Preference mikrohabitatu pro přezimování klešťanek r. <i>Sigara</i> .....	28
4. 5 Preference mikrohabitatu pro přezimování klešťanky <i>Corixa punctata</i> .....	29
4. 6 Preference mikrohabitatu pro přezimování splešťule <i>Nepa cinerea</i> a jehlanky <i>Ranatra linearis</i> .....	29
4. 7 Teploty v mikrohabititech během experimentu .....	31

<b>5. Diskuze.....</b>	<b>35</b>
<b>6. Závěr .....</b>	<b>37</b>
<b>7. Seznam použité literatury .....</b>	<b>38</b>

# 1. Úvod

Jako téma své diplomové práce jsem si zvolil problematiku přezimování vodních ploštic, konkrétně jejich výběr (preferenci) mikrohabitátů pro přežití zimního období.

Obecně hmyz v mírném podnebném pásu každoročně čelí výzvě, zda se vyrovná a přežije nepříznivé zimní teploty nebo nikoliv. Různé druhy hmyzu si proto vyvinuly rozdílné přezimovací mechanismy a strategie, které zahrnují morfologické, behaviorální, ekologické, fyziologické, či biochemické adaptace a mohou být doprovázeny diapauzou. Komplex těchto adaptací je souhrnně označován jako chladová odolnost, která je tradičním objektem zájmu mnoha výzkumníků. Stále však existuje spousta skupin hmyzu, o kterých nejsou k dispozici žádné nebo velmi stručné informace. Patří sem právě vodní ploštice (Heteroptera: Nepomorpha), jejichž přezimovací strategie zůstávají převážně neprozkoumané a neznámé. To byl hlavní důvod a motivace výběru tohoto tématu pro svou diplomovou práci.

Hlavním cílem této diplomové práce tedy bylo sestavit obecný přehled dostupných informací o přezimování vodních ploštic a zodpovědět výzkumnou otázku: Jaké mikrohabitaty volí, případně preferují, tyto ploštice pro přezimování?



## 2. Literární rešerše

### 2.1 Vodní ploštice (Nepomorpha)

Celkově je dosud popsanych více než 42 000 druhů ploštic (Heteroptera), z nichž zhruba 2400 druhů jsou vodní ploštice, resp. pravé vodní ploštice, patřící do infrařádu Nepomorpha (Weirauch a kol., 2019). Tyto ploštice jsou rozšířeny po celém světě, ale v tropech jsou nejrozmanitější (Saulich a Musolin, 2007). Jedná se o dravé ploštice lovící převážně vodní hmyz, jeho larvy i vajíčka. Pouze čeleď klešťankovití (Corixidae) bývala považována za převážně býložravou (Lellák, 1972), ale novější výsledky ukazují převážnou masožravost i druhů tohoto taxonu (Hädicke a kol., 2017). Žijí pod vodní hladinou ve vodním sloupci nebo bentickým způsobem života. Obývají různé typy habitatů stojatých i tekoucích vod (od malých rybníků až po jezera, řeky a dokonce i brakické vody) (Indrová, 2004).

Drtivá většina druhů má otevřený tracheální (vzdušnicový) systém a ve vodě může dýchat vzdušný kyslík pomocí mimotělní obnovitelné vzduchové bubliny (Obenberger, 1958). Ta je udržována a obnovována díky speciálním morfologickým strukturám (sety, prostor pod křídly, struktury pronota, zadečkové sifony, aj.) (Heckman, 2011). Při doplňování kyslíku musí ploštice prorazit povrchovou blanku vody, aby došlo ke kontaktu s atmosférickým vzduchem (Placková, 2015). Hydrofobní chloupky (mikrotrichie) na ventrální straně odpuzují vodu při nádechu a tím jí zamezují se dostat do tracheálního systému (Obenberger, 1958). Zatímco znakoplavkovití (Notonectidae) vystupují k hladině napřed koncem zadečku, klešťankovití napřed hlavou a hrudí (Lellák, 1972). Výjimkou mající tracheální systém uzavřený jsou nymfy 1. a 2. instaru rodu *Corixa* a všechny nymfy rodu *Sigara*, které přijímají kyslík celým povrchem těla přes kutikulu (osmoticky) nebo přes drobné tracheje hustě pokrývající stěnu konečníku (rectum) (Obenberger, 1958).

Díky adaptaci k životu ve vodě došlo u těchto ploštic k redukci tykadel (Schuh a Slater, 1995). Některé druhy pak nemohou létat, jelikož mají zakrnělá křídla nebo létací

svaly (Sedlák, 2005). Mnoho druhů je vybaveno stridulačními orgány, tudíž se pod vodou mohou dorozumívat zvukem (Lellák, 1972).

Podrobnější informace o anatomii a způsobu života akvatických ploštic nalezneme ve Štusákové (1980) klíči, který uvádí i charakteristická místa výskytu v biotopu u každého druhu. Rovněž Lellák a kol. (1982) uvádí obecnou morfologii, způsob života, pohybové schopnosti a rozmnožování ploštic. V neposlední řadě se také Savage (1989) zabývá ekologií jednotlivých druhů ploštic, v rámci jejich životních cyklů.

Podle Schuh a Slater (1995) zahrnuje infrařád Nepomorpha celkem 11 čeledí. Tato práce se však bude zabývat pouze těmi, jejichž zástupci byly použity jako výzkumné modelové organismy.

### **2.1.1 Klešťankovití (Corixidae)**

Klešťankovití zahrnují okolo 600 druhů (Henry, 2009) a jsou tedy druhově nejpočetnější čeledí ze všech vodních ploštic (Schuh a Slater, 1995). Jedná se o kosmopolitní vodní ploštice, které osidlují jak sladké, tak i slané vody (Jansson, 1986). Z mnoha prací vyplývá, že si jednotlivé druhy vybírají vodní habitaty a mikrohabitaty s určitou kvalitou vody, tudíž jejich přítomnost či nepřítomnost může být dobrým ukazatelem kvality vody (Papáček, 2001).

Zatímco zadní veslovité nohy slouží k pohybu, přední jsou přeměněny v palu a slouží k příjmu potravy (Schuh a Slater, 1995). Některé druhy jsou omnivorní, jiné jsou čistě zoofágní nebo fytofágní a některé se živí detritem. Odlišný způsob získávání potravy můžeme pozorovat nejen mezi druhy, ale také mezi pohlavím (Šretrová, 2018). Klasifikovány jsou však jako „organic scrapers“ neboli „škrabači organické hmoty“ (Hutchinson, 1993; Wetzel, 2001), protože mohou, na rozdíl od ostatních druhů řádu polokřídlí (Hemiptera), přijímat a díky enzymům trávit pevnou potravu a nejenom pouze tekutou (Hädicke a kol., 2017).

### **2.1.2 Znakoplavkovití (Notonectidae)**

Znakoplavkovití jsou rovněž celosvětově rozšířeni a obývají nejrůznější typy především stojatých vod s vodní vegetací. Název „znakoplavky“ je odvozený podle specifického způsobu pohybu ve vodě - plavou naznak („na zádech“, respektive ventrální stranou vzhůru). Stejně jako u klešťanek zadní veslovité nohy umožňují pohyb, přední a střední jsou lapací a slouží k chytání kořisti. Všechny druhy jsou velmi agresivní predátoři lovcí vodní bezobratlé, včetně vlastních larev, ale i malé rybky (Papáček, 2001; Schuh a Slater, 1995). Jak případná kořist, tak ale i ryby způsobují chvění vody, které registrují prostřednictvím dobře vyvinutých mechanoreceptorů umístěných na chodidlech na předních a středních nohách (Reichholf - Riehm a kol., 1997). Podle Henry (2009) patří do této čeledi kolem 400 druhů, přičemž nejznámější a celosvětově nejrozšířenější je rod *Notonecta* (Papáček, 2001).

### **2.1.3 Splešťulovití (Nepidae)**

Splešťulovití bývají přezdívány vodními štíry podle dýchacího sifonu na konci zadečku. Dosahují velikosti až 4,5 cm. Žijí na dně klidných vod nebo zavěšení ve vegetaci, kde vyčkávají schované na svou kořist, protože jsou špatnými plavci (Schuh a Slater, 1995).

## **2.2 Diapauza a chladová odolnost**

Ploštice a obecně hmyz patří mezi ektotermní (poikilotermní) organismy, to znamená, že jejich tělesná teplota se mění v závislosti na teplotě okolního prostředí. Kosmopolitně rozšířené vodní ploštice a především druhy žijící v našich temperátních podmínkách tak každoročně během zimy podstupují nízké tělesné teploty. Jelikož tyto nízké tělesné teploty bývají pro organismy škodlivé nebo dokonce smrtelné, vyvinuly se u různých druhů hmyzu rozdílné adaptační mechanismy, které zajišťují vyrovnání se s nimi a přežití této nepříznivé doby (Novotná, 2012). Komplex těchto adaptací je souhrnně označován jako chladová odolnost, jejíž vývoj je podmíněn předchozím vstupem do diapauzy (Denlinger, 2000). Že diapauza je podmínkou pro navození chladové odolnosti uvádí také Ushatinskaya (1957) a Asahina (1969) in Hodková a

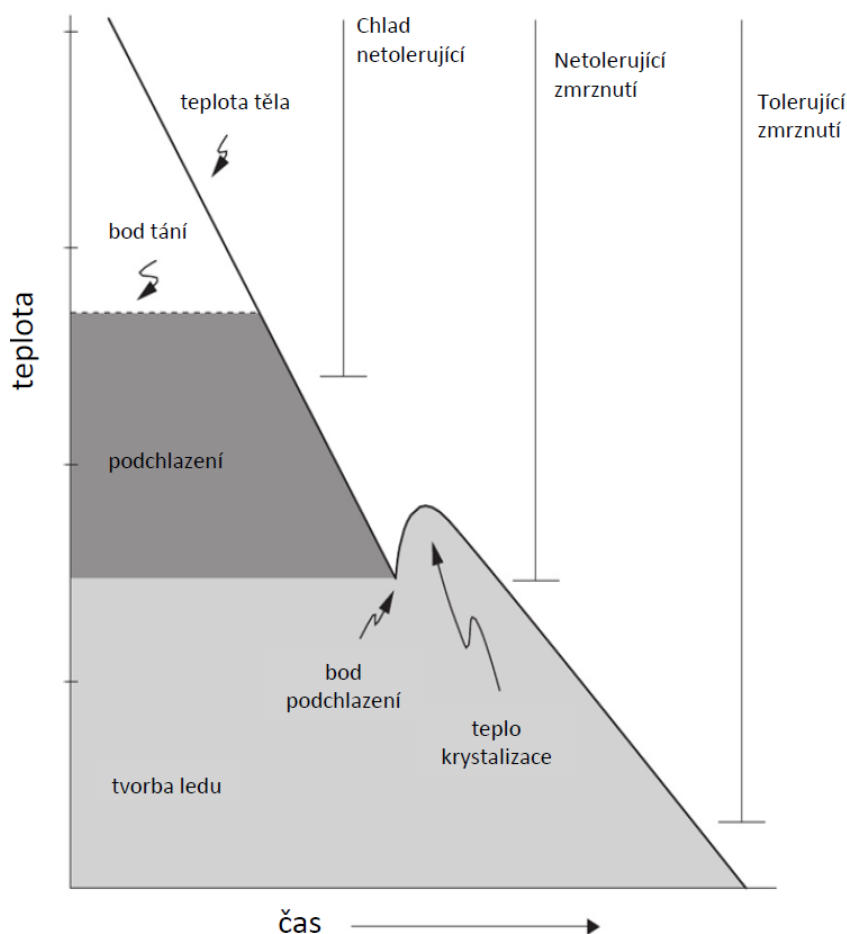
Hodek (1997), avšak Salt (1961) in Hodková a Hodek (1997) tvrdí částečnou nezávislost těchto jevů na sobě. Vztah mezi diapauzou a chladovou odolností je tedy v hmyzí kryobiologii kontroverzní téma a může se lišit od čistě náhodného až po úzce spjatý (pro detailnější přehled viz Denlinger, 1991; Pullin, 1996; Hodková a Hodek, 2004). Hodkinson (2005) dodává, že v chladných oblastech spolu oba děje pravděpodobně těsně souvisejí, jelikož je tam diapauza důležitou součástí strategií k přežití teplotně nepříznivého období.

Diapauza je formou dormance (období klidu) definovanou jako alternativní, úsporný, vývojový režim, jehož základem je přežití nepříznivých životních podmínek, jako je například období zimy. Na rozdíl od ostatních forem dormance je vyvolána ještě před jejich nástupem (Tauber a kol., 1986; Danks, 1987; Denlinger, 2000). Nejčastějším signálem, který reguluje vstup do diapauzy, je krátká délka dne během pozdního léta nebo začátkem podzimu (Borovanská, 2009). Dle Košťála (2006) mohou k výskytu diapauzy přispět ale i další faktory, jako je okolní teplota, kvalita a množství potravin, populační hustota nebo ekologické interakce s jinými druhy. Diapauzu lze rozdělit na obligátní (povinnou) nebo fakultativní. Zatímco první typ je zcela nezávislý na vnějších podmínkách, druhý typ (vyvinutý u většiny hmyzu) je vyvolaný vnějšími podněty (Danks, 1987). Zimní diapauza je typicky ukončena v době po zimním slunovratu a souvisí s plným návratem vývojového potenciálu (Košťál, 2006).

Chladová odolnost je jednoduše definována jako schopnost organismu přežívat při nízkých teplotách (Salt, 1961; Danks, 1978; Zachariassen, 1985; Bale, 1989; Michaud a Denlinger, 2004), které způsobují omezení metabolismu nebo dokonce zmrznutí tělních tekutin (IUPS Thermal Commission, 2001). Tollarová (2005) uvádí, že se jedná o adaptační změny v chování (migrace, hledání úkrytů, tvorba kokonů apod.), morfologii, fyziologii a biochemii organismů sloužící k přežití nízkých teplot. Z tohoto hlediska můžeme rozdělit přezimující hmyz do dvou hlavních kategorií (obr. 1), přičemž každý druh má svou vlastní strategii přežití (Lee, 1991; Sinclair a kol., 2003). První skupinou jsou druhy netolerující zmrznutí tělních tekutin („freeze intolerant“), druhou tvoří druhy tolerantní vůči zmrznutí tělních tekutin („freeze tolerant“), ovšem pouze částečně

v mezibuněčných prostorách (Lee, 1989; Bale, 1993; Renault a kol., 2002). Ačkoli se tyto dvě strategie v zásadě odlišují, mají několik podobností, a tudíž některé druhy jsou schopné přejít z jedné na druhou (Horwath a Duman, 1984; Fields a McNeil, 1986). Z důvodu široké škály typů chladové odolnosti u druhů vyhýbajícím se zmrznutí rozdělil Bale (1993) tuto kategorii do čtyř skupin (detailněji viz Novotná (2012) nebo Janda (2017)):

- Vyhýbající se mrazu („Freeze avoiding“)
- Chlad tolerující („Chill tolerant“)
- Chladu podléhající („Chill susceptible“)
- Oportunní („Opportunistic species“)



Obr. 1. Klasifikace chladové odolnosti hmyzu (Denlinger a Lee, 2010), převzato z Novotná (2012).

Nedvěd (2000) se domnívá, že dosud není dost informací o strategiích jednotlivých druhů a uvádí následující klasifikaci na základě příčin poškození chladem:

- zmrznutí tělních tekutin
- vzrůstající poškození chladem
- šok chladem

Efekt nízké teploty			Základní strategie	Upravená klasifikace			Třída	
zmrznutí	chladový šok	nemraz. zranění						
+	+	+	citlivé na zmrznutí	oportunně přežívající	chill susceptible		Kejchal	
+	+	-			chill tolerant		Dřímál	
+	-	+		freeze avoiding			Sněhurka	
+	-	-					Prófa	
-	+	+	zmrznutí tolerující	tato kombinace není možná			Stydlín	
-	+	-					Šmudla	
-	-	+		částečně tolerující zmrznutí	středně tolerující zmrznutí	silně tolerující zmrznutí	freeze tolerant s nízkým SCP	Rejpal
-	-	-					Štístko	

Tab. I Klasifikace chladové odolnosti (+ způsobuje smrt, - nezpůsobuje smrt) (Nedvěd, 2000), převzato z Janda (2017).

### 2.2.1 Principy chladové odolnosti u hmyzu

I přes proměnlivost různých mechanismů obou hlavních kategorií chladové odolnosti, lze odolnost nebo citlivost k mrznutí považovat za základní alternativní strategie pro překonávání nízkých teplot (Convey, 2000). Ani přes zvětšující se škálu druhů, u kterých byly mechanismy chladové odolnosti studovány, je stále nejasné, jaké faktory ovlivňují rozšíření obou strategií mezi taxony (Sinclair a kol., 2003). Stejní autoři předkládají hypotézu o výhodnosti každé z obou strategií v oblastech s různými klimatickými podmínkami. Druhy mrazu tolerantní většinou převládají v oblastech s velmi chladnými a předvídatelnými podmínkami během zimního období (kontinentální

a arktické oblasti), kde tato strategie zajišťuje jednak překonání dlouhého období velmi nízkých teplot a také větší toleranci k vyschnutí (Ring a Danks, 1994).

Z širšího hlediska můžeme rozlišit zhruba pět základních adaptivní strategií (mohou se však prolínat), které hmyz využívá pro přežití nízkých tělních teplot během chladného období:

- aktivita za nízkých teplot
- podchlazení
- promrznutí
- dehydratace
- rychlá chladová aklimace (Danks, 1987)

Aktivitu za nízkých teplot nebo v tepelně pufovaném prostředí využívají například druhy žijící v chladném temperátním prostředí, kde v mikrohabitátech jako je půda, opadanka nebo tlející dřevo vytváří vývojová stádia, která se aktivně pohybují, přijímají potravu, rostou a vyvíjejí se v průběhu celého teplotně nepříznivého období roku. Charakteristickým příkladem jsou mnozí zástupci dvoukřídlého hmyzu (Aitchison, 1979). Pravděpodobná adaptivní výhoda této je využití relativně "volné" časové a prostorové niky s nízkým tlakem parazitů a predátorů (další strategie detailněji viz Korbelová, 2009 nebo Štětina, 2012).

Hmyz tak v zimě čelí několika různým výzvám, na které reaguje mnoha způsoby, a jsou shrnuty v tabulce II. I když se podmínky mezi jednotlivými vodními stanovišti značně liší, většina druhů hmyzu z chladného klimatu je v nejchladnějších částech roku v období dormance. Mnoho z nich musí odolat velmi nízkým nebo teplotám pod bodem mrazu (Danks, 2007).

<b><u>Omezení nebo hrozby</u></b>	<b><u>Příklad reakce</u></b>
<b>Nízké teploty</b>	
Chladná voda	Tolerance chladu
Mírný mráz, tvorba ledu	Mrazuvzdornost (podchlazení) při relativně vysokých teplotách pod bodem mrazu nad teplotou tání tělních tekutin
	Předpokládaná tvorba kryoprotektantů
Déle trvající silné zmrazení	Tolerance mrazu
	Předpokládaná tvorba kryoprotektantů
Mechanické poškození způsobené tvorbou ledu	Výběr habitatu a mikrohabitu
	Průnik do substrátu
	Stavba kokonů
Postupující zmrazení v mikrohabitu	Pohyb směrem od hranice ledu
Tuhá zima v suchozemských habitatech pro přezimování	Podchlazení, odolnost proti inokulačnímu zmrznutí
	Nízké prahové hodnoty pro zimní aktivitu
	Tvorba kryoprotektantů
<b>Chemické podmínky</b>	
Koncentrace rozpuštěných látek	Kontrola osmolarity a další reakce
Málo kyslíku až anoxie	Dormance
	Odolnost vůči anoxii

Tab. II. Ukázkové reakce vodního hmyzu na zimní podmínky v chladném klimatu, zpracováno dle Danks (2007).

### **2.3 Přezimování vodního hmyzu**

Vodní hmyz obecně čelí méně extrémním podmínkám než suchozemský, z důvodu působení vody jako tepelné nádrže (na souši se teploty mění rychleji a častěji), potýká se tak s postupnějsími sezonními změnami a je schopen dlouhodobě využívat vegetační období (Danks, 1971; Danks a Oliver, 1972). Všeobecně hmyz obvykle přezimuje v kryotermním stavu, to znamená s tělní teplotou pod bodem mrazu. U mnoha zástupců



vodního hmyzů je známé, že přežijí zimu ve stanovištích, ve kterých je veškerá voda zmrzlá. Vodní druhy, které přežívají ve zmrzlých stanovištích, se pravděpodobně spíše zchladí, než zmrznou. Ve vodních habitatech pokrytých povrchovou vrstvou ledu se množství kyslíku mění a tím i jeho vliv na hmyz (Danks, 2007). Některé druhy se pak přestěhují do mikrohabitátů, jako jsou okraje rybníků, které mají více kyslíku než kdekoli jinde (Brittain a Nagell, 1981). Danks (2007) také uvádí, že mnoho jiných druhů vodního hmyzu se naopak na podzim přesunuje, aby se vyhnuli oblastem, kde se tvoří led, který se může vyskytovat v několika formách (povrchový, frazilový a kotevní).

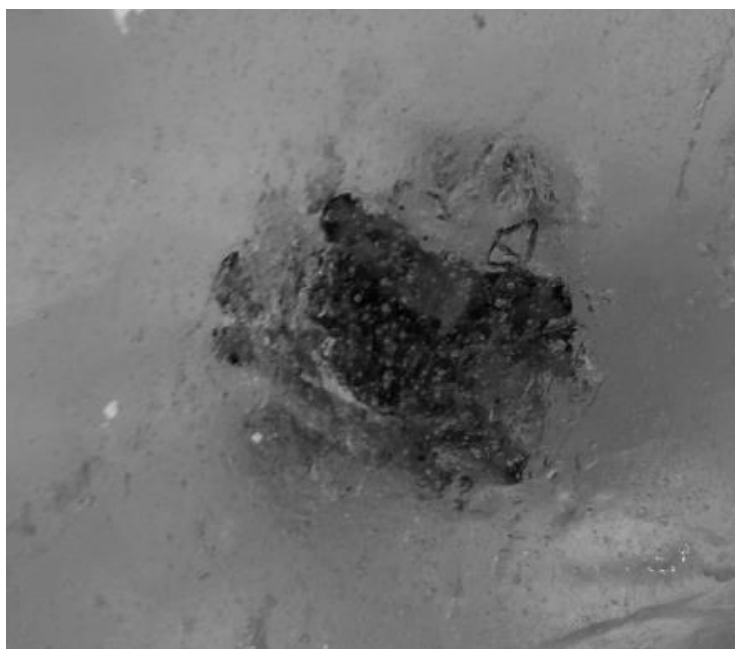
### **2.3.1 Přezimování Nepomorpha**

Nepomorpha využívají velmi širokou škálu vodních, suchozemských a někdy i podzemních mikrohabitátů pro přežití zimního období. Jejich sezonní vývoj je hodně ovlivněn jejich vztahem k vodním habitatům a sezonností tohoto prostředí. V mírném pásu tyto ploštice typicky přezimují ve stádiu dospělce a každoročně vytvoří jednu nebo dvě generace (druhá je někdy pouze částečná). Konkrétně pravděpodobně všechny druhy čeledi Belostomatidae a Pleidae a mnoho druhů z čeledi Corixidae, Notonectidae a Nepidae přezimují jako dospělci pod vodou na dně, v bahně nebo detritu. Některé druhy klešťanek a znakoplavek však přezimují i ve stadiu vajíčka pod vodou. Nejméně dva druhy Pleidae přezimují na dně rybníků. Dospělci různých druhů pak využívají k přezimování velmi odlišné mikrohabitaty, jako je lesní hrabanka, lesní půda nebo vzduchové bublinky (např. Corixidae). Naopak některé druhy z čeledi Nepidae přelétají na zimu z rybníků do potoků. Několik druhů vodních ploštic přezimuje ve stádiu nymfy v hrabance nebo mechu na půdě (někteří zástupci Ochteridae), prudkých potocích (někteří Naucoridae), na dně vodních útvarů (někteří Corixidae) nebo na dně potoků ve všech stádiích (Aphelocheiridae) (Saulich a Musolin, 2007).

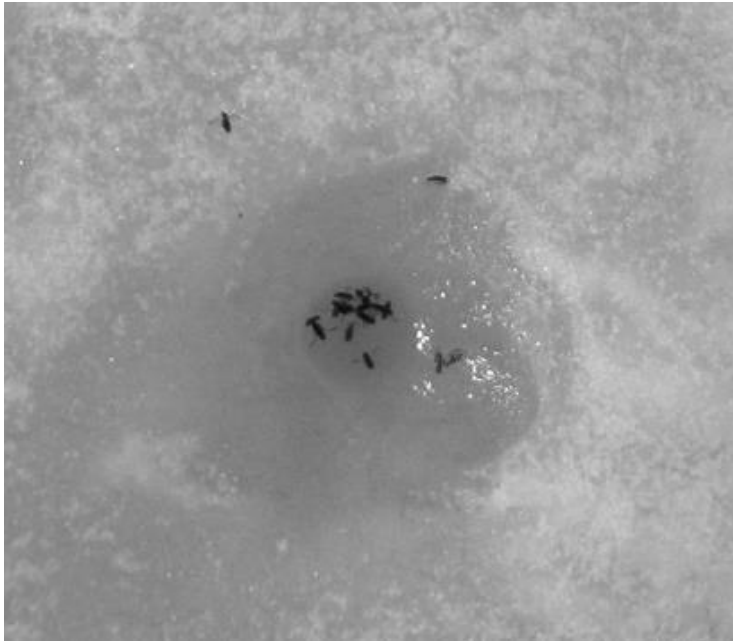
Vodní ploštice obvykle upřednostňují malé rybníky, pobřeží jezer a řeky (habitaty obvykle pokryté ledem), které je nutí přezimovat v bahně či vegetaci buď na dně, nebo jen na břehu (Jansson, 1986). Preferují také hlubší habitaty s velkým množstvím vegetace, kde je voda teplejší než v sousedních vodních útvarech. Další vyhledávají pro

přezimování chráněné mikrohabitaty tím, že se zavrtává do hrabanky nebo rybníčních sedimentů, kde jsou příznivější teploty (Danks, 1978). Naopak se pravděpodobně vyhýbají oblastem ve stínu, protože slunné habitaty se v zimě zahřívají rychleji (Olosutean a Ilie, 2013). Tito autoři také uvádí, že od listopadu do února pozorovali pod tenkým ledem malé množství dospělců vodních ploštic (*Plea* sp., *Notonecta* sp., *Hesperocorixa* sp. nebo *Micronecta* sp.).

Mihalicz (2015) ve své studii našel shluk klešťanek *Cymatia americana* v ledu obklopených bublinami (obr. 2), které mohly zabránit tvorbě ledu na těle, nohách a kolem klešťanek, popřípadě zmírnit riziko ztráty končetin a pronikání ledových krystalů. Vzhledem k tomu, že je jejich tělo pokryto jemnými chloupky, které jsou schopny zachytit vzduch, když se ponoří, shlukování pravděpodobně způsobí, že vzduch vytvoří vzduchové bubliny při tvorbě ledu. Nebyla však nalezena žádná předchozí literatura o klešťankách seskupujících se a přezimujících v ledu a proto autor navrhuje, aby se klešťanky, stejně jako jiný vodní hmyz, aktivně vyhýbaly ledu tím, že se přesunou do větší hloubky nebo migrují do jiných vodních útvarů (Irons a kol., 1993; Danks, 2007).



Obr. 2. Skupina klešťanek obklopená vzduchovými bublinami zamrzlá v ledu, převzato z Mihalicz (2015).



Obr. 3. Led okolo klešťanek tál rychleji než okolní, pravděpodobně kvůli tmavému zbarvení a velikosti skupiny klešťanek. Autor: Allen Maher, převzato z Mihalicz (2015).

Klešťanky mohou přezimovat ve skupinách tvořenými desítkami nebo stovkami jedinců, aktivně nebo nečinně na dně v normálních zimách, pokud je vodní plocha pokryta ledem a sněhem. Zkoumání v terénu naznačují, že některé druhy klešťanek by si mohly vybrat pro přezimování specifické habitaty, které se liší od letních (Suchá a Papáček, 2008). Pajunen a Pajunen (2003) uvádí, že dospělci klešťanek přezimují v hlubších vodách pod ledem a v květnu se rozptýlí do mělkých skalních louží.

## 2.4 Přezimovací habitaty

Podmínky, především teploty jsou v různých habitatech velmi odlišné. Teploty v ledových jezerech a tocích jsou obecně teplejší a méně variabilní než teploty v suchozemských mikrohabitacích. Voda má totiž vyšší specifické teplo než vzduch, a tím zabraňuje extrémním teplotám vody. Také vodní habitaty běžně vytvářejí vrstvu povrchového ledu, čímž izolují vodu nebo substrát od chladných teplot vzduchu a slabého větru. Vodní hmyz, stejně jako hmyz obalený v ledu, bude mít pravděpodobně teplejší zimní teploty než mnoho suchozemských hmyzů, zejména těch, které jsou v exponovaných mikrohabitacích (Moore a Lee 1991).

Obecně teplejší habitaty mají vyšší pravděpodobnost umístění aktivních vodních ploštic. Takovými přírodními habitaty jsou malé rybníky nebo bažiny z lučních řek. Klidná voda umožňuje větší vegetační pokrytí, což vede k vyšším teplotám vody a dělá z těchto míst nejvhodnější habitaty pro aktivní přezimující dospělce (Olosutean a Ilie, 2013). Lze tedy prohlásit, že vodní hmyz má tedy v chladném období dostupné velké množství habitatů s různými podmínkami, od velkých jezer a řek až po dočasné louže a potoky. Tyto vodní habitaty jsou úzce propojeny s těmi suchozemskými (Danks, 2007).

### 3. Materiál a metody

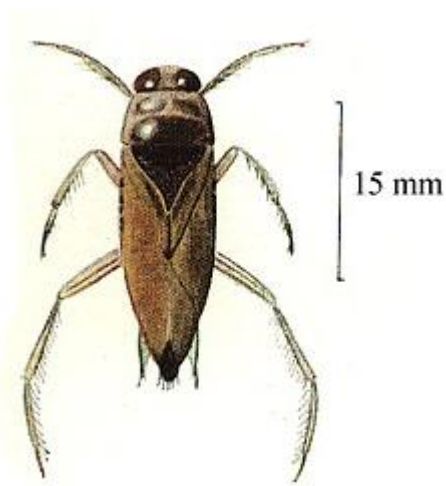
Pomocí pokusů na vybraných druzích vodních ploštic byla zjišťována preference mikrohabitatu pro jejich přezimování.

#### 3.1 Modelové organismy

Znakoplavka obecná (*Notonecta glauca*) (Linneaus, 1758) z čeledi Notonectidae je nejhojnější druh u nás, který žije v nejrůznějších typech stojatých i mírně tekoucích vod (Štusák, 1980). Živí se jak drobným hmyzem (Javorek, 1978), tak ale i drobnými obratlovci (Papáček, 2001). Tato velmi rozšířená vodní pelagická až neustonická dravá ploštice plave hřbetem dolů díky svému klenutému tělu (Anděra, 1997). Dospělci dobře létají, tudíž za tepla mohou opustit vodu a přesouvat se i na velké vzdálenosti (Usinger, 1956).

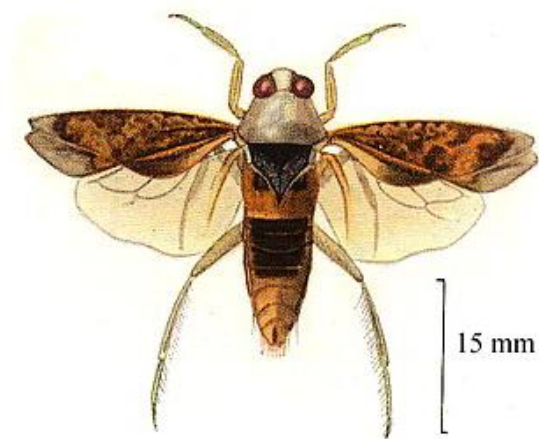
Páření začíná na jaře (první dekáda dubna) a trvá až do konce května, kdy hynou samci. Samice pak od třetí dekády dubna kladou vajíčka do rostlinných tkání vodní vegetace až do půlky června a potom také hynou. Ze snůšek se následně líhnou larvy (nymfy) a první instary se v jižních Čechách objevují ve značném počtu už v první dekádě května až do první dekády července (Papáček a Soldán, 1987).

*N. glauca* přezimuje ve stádiu dospělce (imaga) a způsob přezimování závisí na zimních podmínkách. Je - li zimoviště pokryto tlustým ledem se sněhem - přezimuje pasivně, ale pokud je kryto tenkým průhledným ledem beze sněhu a není zamrzlé - přezimuje aktivně, s čímž souvisí i kopulační aktivita (Papáček, 1991). V jižních Čechách zimní aktivita zjištěna nebyla. V případě, že je hladina pokryta ledem, přezimují dospělé znakoplavky ztuhle (nehybně) v povrchové vrstvě bahna nebo v nánosech (Papáček a Soldán, 1987).



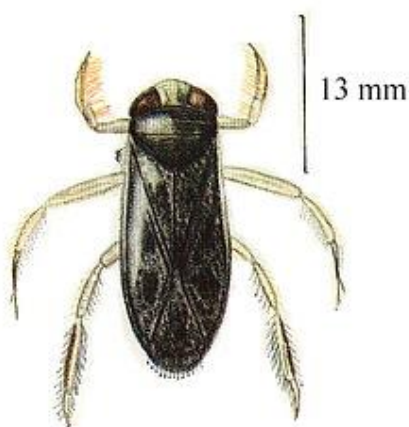
Obr. 4. *Notonecta glauca* (znakoplavka obecná), převzato z Watson a Dallwitz (2003).

*Notonecta maculata* (Fabricius, 1794) také z čeledi Notonectidae je považována za jednoho z nejvýraznějších a nejběžnějších predátorů stojatých vod, který může mít velký vliv na ekosystém (Šretrová, 2018). Oproti předchozímu druhu znakoplavky *N. glauca* klade vajíčka pouze na kameny (Savage, 1989). Rozdílný je také životní cyklus, jelikož se imaga objevují až začátkem srpna, reprodukce probíhá na podzim a dospělci obecně nepřežijí zimu (Svensson a kol., 2010).



Obr. 5. *Notonecta maculata*, převzato z Watson a Dallwitz (2003).

Klešťanka velká *Corixa punctata* (Illiger, 1807) z čeledi Corixidae je univoltinní druh (jedna generace ročně) obývající všechny typy stojatých vod, málokdy potoky zarostlé vegetací (Štusák, 1980). Šretrová (2018) uvádí, že to je predátor žijící u dna a živící se drobnými živočichy.

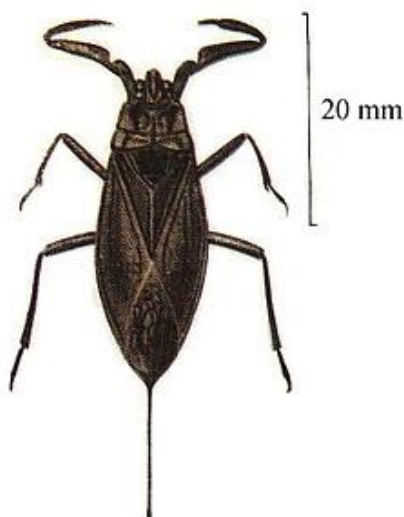


Obr. 6. *Corixa punctata* (klešťanka velká), převzato z Watson a Dallwitz (2003).

Klešťanka obecná *Sigara falleni* (Fieber, 1848), také z čeledi Corixidae, je omnivorní a náš nejhojnější druh klešťanky, který žije ve všech stojatých a mírně tekoucích vodách s výjimkou horských jezer (Štusák, 1980). Je obecně považována za bivoltinní druh (dvě generace ročně), který přezimuje ve stádiu dospělce (Larsén, 1938; Wróblewski, 1958; Young, 1965). Po zimě, brzy z jara, se začíná pářit, samice pak po období jednoho měsíce klade vajíčka (průměrně 5 - 10 denně) v dubnu a květnu na různé potopené materiály (Jansson, 1986; Savage, 1989).

Klešťanka zdobená *Sigara lateralis* (Leach, 1817) též z čeledi Corixidae je převážně detritovor obývající typicky mesotrofní rybníky (Savage, 1989). Rovněž je popisována jako druh s bivoltinním životním cyklem (Crisp, 1962; Savage, 1979) přezimující ve stádiu imaga (Larsén, 1938; Wróblewski, 1958; Young 1965). Životní cyklus a ovipozice je stejná jako u *S. falleni*, při kladení vajíček preferuje kameny (Jansson, 1986; Savage, 1989).

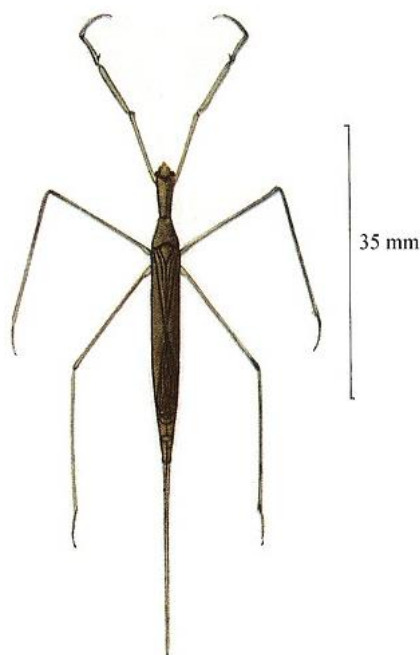
Splešťule blátivá *Nepa cinerea* (Linnaeus, 1758) z čeledi Nepidae je pomalá dravá vodní ploštica žijící v litorálu nebo často bahnitém bentosu stojatých a mírně tekoucích vod (Štusák, 1980). Podle Petáka a kol. (2014) se často stává dokonce vrcholovým predátorem malých nádrží a mělkých jezer. Má zploštělé šedohnědé tělo, které se vzhledově podobá uschlému listu (Javorek, 1978). Na jeho ventrální straně má hydrostatický orgán zaznamenávající hloubku vody a vyrovnávající změnu tlaku vody. McCoy (2010) také uvádí, že obvykle přezimuje buď na břehu pod kameny a zbytky vegetace, nebo pod ledem, kde přežije dlouho prakticky bez kyslíku. Podle Papáčka (1989) pak stejně jako dospělci přečkávají zimu aktivně i některé pozdní nymfy 5. instaru.



Obr. 7. *Nepa cinerea* (splešťule blátivá), převzato z Watson a Dallwitz (2003).

Jehlanka válcovitá *Ranatra lineris* (Linnaeus, 1758) rovněž predátor z čeledi Nepidae se také vyskytuje na vegetaci u břehů stojatých i tekoucích vod (Štusák, 1980). Jedná se také o univoltinní druh, který produkuje nymfy v průběhu léta a podzimu a přezimuje jako dospělec (Andersen, 1996) ve stavu strnulém s občasnou minimální aktivitou (Papáček, 1989).





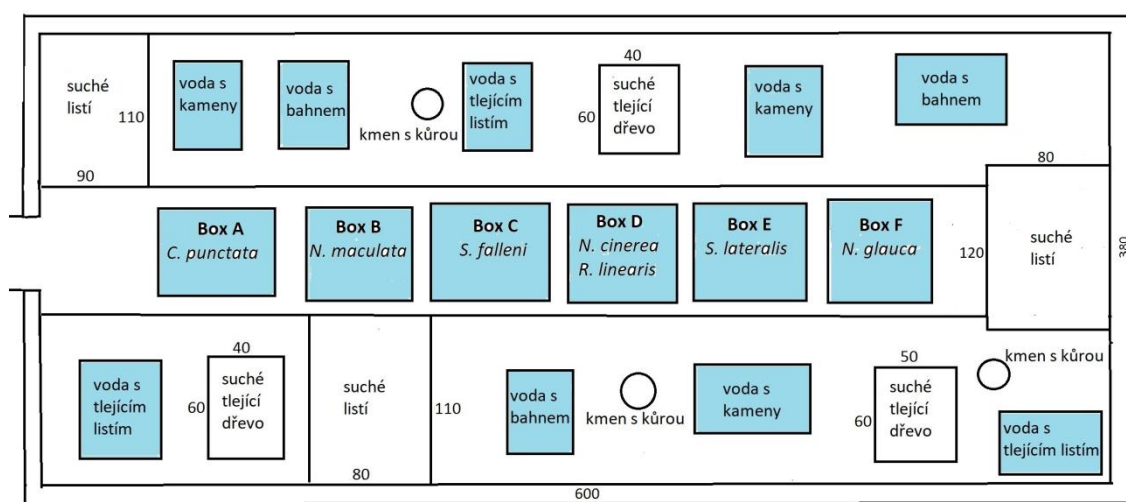
Obr. 8. *Ranatra linearis* (jehlanka válcovitá), převzato z Watson a Dallwitz (2003).

### 3.2 Sbíráání a uchováání živočichů

Klešťanky rodu *Sigara*, splešťule a jehlanky byly nachytány pomocí ruční sítě v rybnících poblíž Českých Budějovic. Klešťanky byly uskladněny do nádrže s vodou o objemu 1100 litrů, která byla z vrchu zakrytá dírkovanou sítí (velikost ok 1 mm), aby neodletěly. Znakoplavky *N. glauca* a *N. maculata* a klešťanky *C. punctata* byly nachytány také ruční sítí v dostatečném množství hlavně v zahradním jezírku ležící v místě konání experimentů, které se již osvědčilo jako ideální prostředí i pro např. výzkumné experimenty. Tyto vodní plošnice byly uchovány v 50 litrových barelech, než došlo k jejich určení a roztřídění do menších boxů. Vzhledem k tomu, že nebylo možné přesně určit, které druhy klešťanek rodu *Sigara* byly k dispozici před zahájením pokusů, byly vloženy a uchovány ve vzorkovnicích s etanolem. Nejvíce klešťanek rodu *Sigara* bylo později určeno jako *S. lateralis*.

### 3.3 Experimentální design

Pokus byl konán na výukové zahradě PF JU v Českých Budějovicích od začátku listopadu 2017 až do začátku března 2018. Konkrétně byl prováděn ve skleníku (náčrt viz obr. 10) o rozměrech 600 x 380 x 190 cm, ve výšce 133 cm dochází k výraznému zkosení střechy. Tento skleník je využíván v jarních měsících k výuce pěstitelství, tudíž byla potřeba před zahájením experimentu nachystat (obr. 11).



Obr. 10. Náčrt skleníku, vlastní zpracování.



Obr. 11. Skleník připraven pro zahájení pokusu, foto autor.

Ve skleníku byly vytvořené (vždy ve třech replikacích) odlišné a různě rozmístěné suchozemské i vodní mikrohabitaty předpokládané pro přezimování vodních ploštic. Jako suchozemské bylo zvoleno suché listí simulující přirozenou hrabanku, suché tlející dřevo a holé kmeny obalené papírovou lepenkou napodobující kůru stromů (obr. 12, 13, 14). Další možností navíc bylo zavrtání se do sypké hlíny okolo mikrohabitatů. Vodní mikrohabitaty byly řešeny prostřednictvím plastových nádob bez vík napuštěných vodou o rozměrech 56 x 39 x 29 cm a objemu zhruba 40 litrů. Prvním typem byl box s mokřým listím, které v nádobě jak plavalo, tak bylo usazené na dně (obr. 15). Druhým typem bylo sedimentované bahno na dně boxu a třetí typ představovaly volně rozmístěné kameny (obr. 16 a 17). Do každého druhu mikrohabitatu byl pak přidán teploměr sledující jeho teplotu během celého experimentu.



Obr. 12. Suché listí (hrabanka), foto autor.



Obr. 13 a 14. Suché tlející dřevo a kmen obklopený papírovou lepenkou, foto autor.



Obr. 15. Box s mokrým listím, foto autor.



Obr. 16. Box s bahnem na dně, foto autor.



Obr. 17. Box s kameny, foto autor.

Doprostřed skleníku pak byly umístěny plastové boxy s jednotlivými druhy vodních ploščic o rozměrech 70,5 x 42 x 15,5 cm a malým množstvím vody, přičemž měl každý druh svojí plastovou nádobu. Výjimkou byly splešťule a jehlanky, které byly dány do stejné nádoby kvůli malému počtu jedinců a jejich druhové příbuznosti. Tento box byl kromě toho také opatřen teploměrem sledující teplotu vody s těmito živočichy (obr. 18). Vzhledem k velkému množství (200 jedinců) druhu *N. glauca* byla pro tento druh zvolena větší nádoba o rozměrech 58 x 43,5 x 79,5 cm. U některých mrtvých jedinců r. *Notonecta* však po uplynutí experimentu (zhruba 4 měsíce) nebylo možné určit druh kvůli jejich stavu. V průběhu pokusu (22. 2. 2018) byly do těchto boxů přidány klacky jako další možnost opuštění nádob a vyhledání zvoleného mikrohabitatu v jejich okolí (obr. 19).



Obr. 18. Ukázka původního boxu se splešťulemi a jehlankami, teploměrem a klacky, foto autor.



Obr. 19. Kompletní obsah skleníku během pokusu, foto autor.

## 4. Výsledky

### 4.1 Preference mikrohabitatů pro přezimování znakoplavky *N.*

#### *glauca*

Znakoplavek *Notonecta glauca* se podařilo nachytat před experimentem dostatečné množství a tak bylo do skleníku (do boxu F) vloženo celkem 200 jedinců. Při první kontrole 22. 2. 2018 bylo v původním boxu nalezeno 14 živých a 85 mrtvých jedinců, přičemž mrtví jedinci byli vybráni a živí ponecháni, jelikož byly předpovídány teploty pod bodem mrazu. Na box bylo položeno víko, aby nedošlo k výměně druhů. Potom byla jedna živá nelezena v boxu A (původní box s klešťankami *Corixa punctata*). K ukončení experimentu došlo po teplotách pod nulou začátkem března. Ze 14 živých zástupců jich 9 nepřežilo a mrazivé teploty nepřečkal ani jedinec v boxu A. Naopak jednoho živého zástupce obsahovaly vodní mikrohabitaty s tlejícím listím a bahnem. Dva mrtví jedinci byli pak nalezeni pod boxem s vodou a kameny, ale každý pod jiným. Celkem bylo nalezeno 52,5 % z původního počtu jedinců.

Tabulka III. Přehled nalezených jedinců *Notonecta glauca* v jednotlivých mikrohabitatech.

Datum	Původní box (F)		Jiný box s původními druhy		Pod boxem		Voda s tlejícím listím		Voda s kameny		Voda s bahnem		Půda		Suché listí		Suché tlející dřevo		Kůra		
	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	
02.11.2017	<b>200</b>																				
22.02.2018	<b>14</b>	<b>85</b>	<b>1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05.03.2018	<b>5</b>	<b>9</b>	0	<b>1</b>	0	<b>2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08.03.2018			0	0	0	0	<b>1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09.03.2019			0	0	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Pozn. „ž“ = počet živých jedinců

„m“ = počet mrtvých jedinců



## 4. 2 Preference mikrohabitatů pro přezimování znakoplavky *N.*

### *maculata*

Druhého druhu znakoplavek *Notonecta maculata* bylo do původního boxu (B) vloženo 50 jedinců. Podobně jako u předešlého druhu, v původním boxu bylo nalezeno 20 mrtvých a 2 živí jedinci. Jeden živý byl také nalezen v původním boxu F u zástupců *N. glauca*. Pozůstalí jedinci však také teploty pod nulou nepřežili. Jeden mrtvý byl pak objeven v suchozemském mikrohabitatě, konkrétně v suchém listí. Celkem bylo nalezeno 48 % z původního počtu jedinců.

Tabulka IV. Přehled nalezených jedinců *Notonecta maculata* v jednotlivých mikrohabitatech.

Datum	Původní box (B)		Jiný box s původními druhy		Pod boxem		Voda s tlejícím listím		Voda s kameny		Voda s bahnem		Půda		Suché listí		Suché tlející dřevo		Kůra	
	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m
02.11.2017	<b>50</b>																			
22.02.2018	<b>2</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05.03.2018	<b>0</b>	<b>2</b>	0	<b>1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>	0	0	0	0	
08.03.2018			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
09.03.2019			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Pozn. „ž“ = počet živých jedinců

„m“ = počet mrtvých jedinců

### 4. 3 Preference mikrohabitatů pro přezimování r. *Notonecta*

Protože nebylo možné na konci experimentu, přibližně po čtyřech měsících, přesně určit o jaký druh mrtvých znakoplavek r. *Notonecta* se jedná vzhledem k jejich stavu, byla vytvořena i tabulka zahrnující všechny nalezené znakoplavky (tab. V.). Kromě výše uvedených jedinců, je z tabulky V. na první pohled patrné, že znakoplavky preferovaly pro přezimování vodní mikrohabitaty, eventuálně měly tendenci se pod něco schovat (v tomto případě pod boxy). Celkem bylo pod boxy nalezeno 14 mrtvých jedinců, z nichž se 12 nacházelo pod původními boxy s vloženými plošticemi. Jelikož ty se nacházely uprostřed skleníku na vyšlapané, udusané hlíně, ani to znakoplavky neodradilo se pod ně dostat. Čtyři jedinci se potom nacházeli vedle těchto boxů. Dále je zřejmé, že z nabízených vodních mikrohabitatů upřednostňovaly boxy s vodou a tlejícím listím. Dohromady jich zde bylo nalezeno 32, přičemž se zde jednomu zástupci podařilo zimu přežít. Ten byl společně s 25 mrtvými jedinci nalezen v boxu umístěném ve skleníku hned vpravo za dveřmi. V boxu vpravo vzadu byli dva jedinci a zbylí čtyři potom v boxu nalevo z pohledu dveří. Jedna znakoplavka přežila také společně s pěti mrtvými v boxu s vodou a bahnem vlevo za dveřmi. Vlevo vzadu byly nalezeny dvě mrtvé a jedna v boxu napravo od dveří. Dvě se potom nacházely v boxu s vodou a kameny nalevo od dveří. Celkem bylo nalezeno 74 % z původního počtu jedinců.

Tabulka V. Přehled nalezených jedinců r. *Notonecta* v jednotlivých mikrohabitatech.

Datum	Původní box (F + B)		Jiný box s původními druhy		Pod boxem		Voda s tlejícím listím		Voda s kameny		Voda s bahnem		Půda		Suché listí		Suché tlející dřevo		Kůra	
	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m
02.11.2017	<b>250</b>																			
22.02.2018	<b>16</b>	<b>105</b>	<b>2</b>	0	0	<b>12</b>	0	0	0	0	0	0	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0	0
05.03.2018	<b>5</b>	<b>11</b>	0	<b>2</b>	0	<b>2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>	0	0	0	0	0
08.03.2018			0	0	0	0	<b>1</b>	<b>29</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09.03.2019			0	0	0	0	0	<b>2</b>	0	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	0	0	0	0	0	0	0	0

Pozn. „ž“ = počet živých jedinců

„m“ = počet mrtvých jedinců

#### 4. 4 Preference mikrohabitatů pro přezimování klešťanek r. *Sigara*

Klešťanek r. *Sigara* se v okolních nádržích podařilo nachytat rovněž dostatečné množství. Do původního boxu (E) bylo vloženo 300 jedinců klešťanek *S. lateralis* (tab. VI.) a do boxu C 80 jedinců klešťanek *S. falleni* (tab. VII.) Mimo šest mrtvých v boxu E, byla nalezena jedna živá klešťanka *S.lateralis* v boxu s vodou a kameny vzadu nalevo. V boxu C bylo nalezeno 13 mrtvých klešťanek *S. falleni*, jedna mrtvá byla stejně jako znakoplavky pod původními boxy a jedna mrtvá byla v boxu s vodou a tlející listím vzadu napravo. Celková míra nalezení klešťanek r. *Sigara* byla velmi malá. Z původního počtu bylo nalezeno pouze 2 % jedinců *S.lateralis* a 19 % jedinců *S. falleni*.

Tabulka VI. Přehled nalezených jedinců *Sigara lateralis* v jednotlivých mikrohabitatech.

Datum	Původní box (E)		Jiný box s původními druhy		Pod boxem		Voda s tlejícím listím		Voda s kameny		Voda s bahnem		Půda		Suché listí		Suché tlející dřevo		Kůra	
	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m
02.11.2017	<b>300</b>																			
22.02.2018	0	<b>6</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05.03.2018			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08.03.2018			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09.03.2019			0	0	0	0	0	0	<b>1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabulka VII. Přehled nalezených jedinců *Sigara falleni* v jednotlivých mikrohabitatech.

Datum	Původní box (C)		Jiný box s původními druhy		Pod boxem		Voda s tlejícím listím		Voda s kameny		Voda s bahnem		Půda		Suché listí		Suché tlející dřevo		Kůra	
	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m
02.11.2017	<b>80</b>																			
22.02.2018	0	<b>13</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05.03.2018			0	0	0	<b>1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08.03.2018			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09.03.2019			0	0	0	0	0	<b>1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Pozn. „ž“ = počet živých jedinců

„m“ = počet mrtvých jedinců

## 4. 5 Preference mikrohabitatů pro přezimování klešťanky *Corixa*

### *punctata*

Podobných výsledků dosáhla i další klešťanka *C. punctata*. Do původního boxu (A) bylo vloženo 60 jedinců (tab. VIII.). Kromě pěti mrtvých jedinců nalezených v tomto boxu, byla jedna mrtvá nalezena na zemi vedle původních boxů a jedna rovněž mrtvá pod boxem s vodou a tlejícím listím vpravo za dveřmi. Celkem bylo nalezeno jenom 12 % z původního počtu jedinců.

Tabulka VIII. Přehled nalezených jedinců *Corixa punctata* v jednotlivých mikrohabitatech.

Datum	Původní box (A)		Jiný box s původními druhy		Pod boxem		Voda s tlejícím listím		Voda s kameny		Voda s bahnem		Půda		Suché listí		Suché tlející dřevo		Kůra	
	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m
02.11.2017	<b>60</b>																			
22.02.2018	0	<b>5</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>	0	0	0	0	0	0
05.03.2018			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08.03.2018			0	0	0	<b>1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09.03.2019			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Pozn. „ž“ = počet živých jedinců

„m“ = počet mrtvých jedinců

## 4. 6 Preference mikrohabitatů pro přezimování splešťule *Nepa*

### *cinerea* a jehlanky *Ranatra linearis*

Splešťulí *N. cinerea* a jehlanek *R. linearis* se podařilo nachytat v okolních nádržích menší množství než ostatních vodních ploštic (tab. IX. a X.). Vzhledem k tomu a také na základě druhové příbuznosti byly vloženy do stejného původního boxu (D). Zatímco při první kontrole vykazovalo z původních 30 splešťulí celkem 23 známky života a pouze 3 nikoliv, 9 z 10 jehlanek byly již mrtvé. Mrtví jedinci obou druhů byli vybráni a živé splešťule byly ponechány ze stejného důvodu jako znakoplavky, tudíž z předpovídajících teplot pod nulou. Při následující kontrole však byli všichni jedinci neleženi mrtví. V nabízených okolních mikrohabitatech nebyl nalezen ani jeden zástupce.

Celková míra nalezení byla velmi vysoká. Bylo nalezeno 90 % jedinců *R. linearis* a 87 % jedinců *N. cinerea*.

Tabulka IX. Přehled nalezených jedinců *Nepa cinerea* v jednotlivých mikrohabitátech.

Datum	Původní box (D)		Jiný box s původními druhy		Pod boxem		Voda s tlejícím listím		Voda s kameny		Voda s bahnem		Půda		Suché listí		Suché tlející dřevo		Kůra	
	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m
02.11.2017	<b>30</b>																			
22.02.2018	<b>23</b>	<b>3</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05.03.2018	0	<b>23</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08.03.2018			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09.03.2019			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Pozn. „ž“ = počet živých jedinců

„m“ = počet mrtvých jedinců

Tabulka X. Přehled nalezených jedinců *Ranatra linearis* v jednotlivých mikrohabitátech.

Datum	Původní box (D)		Jiný box s původními druhy		Pod boxem		Voda s tlejícím listím		Voda s kameny		Voda s bahnem		Půda		Suché listí		Suché tlející dřevo		Kůra	
	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m
02.11.2017	<b>10</b>																			
22.02.2018	0	<b>9</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05.03.2018			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08.03.2018			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09.03.2019			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

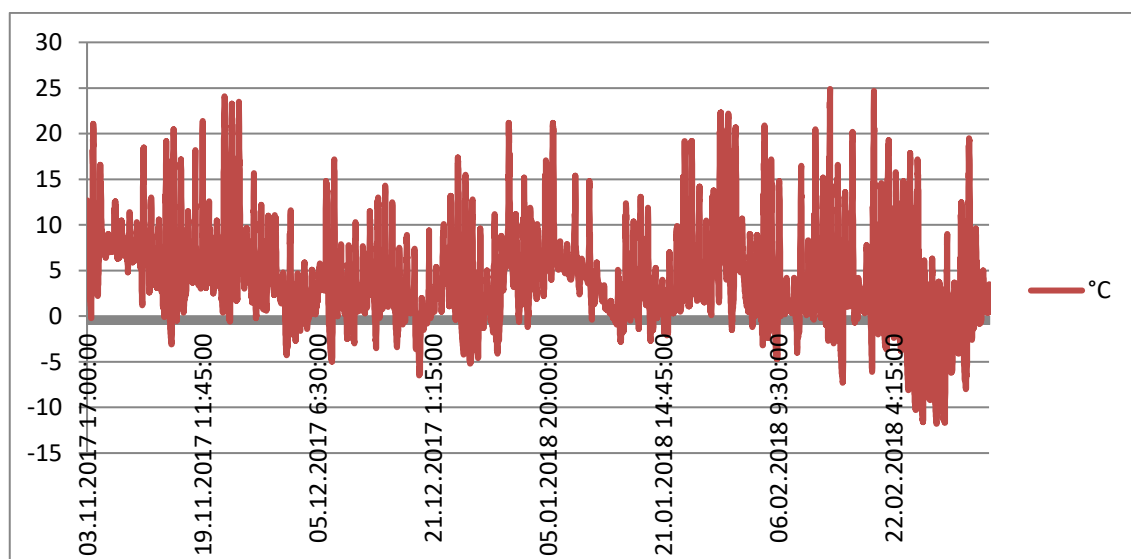
Pozn. „ž“ = počet živých jedinců

„m“ = počet mrtvých jedinců

#### 4. 7 Teploty v mikrohabitatech během experimentu

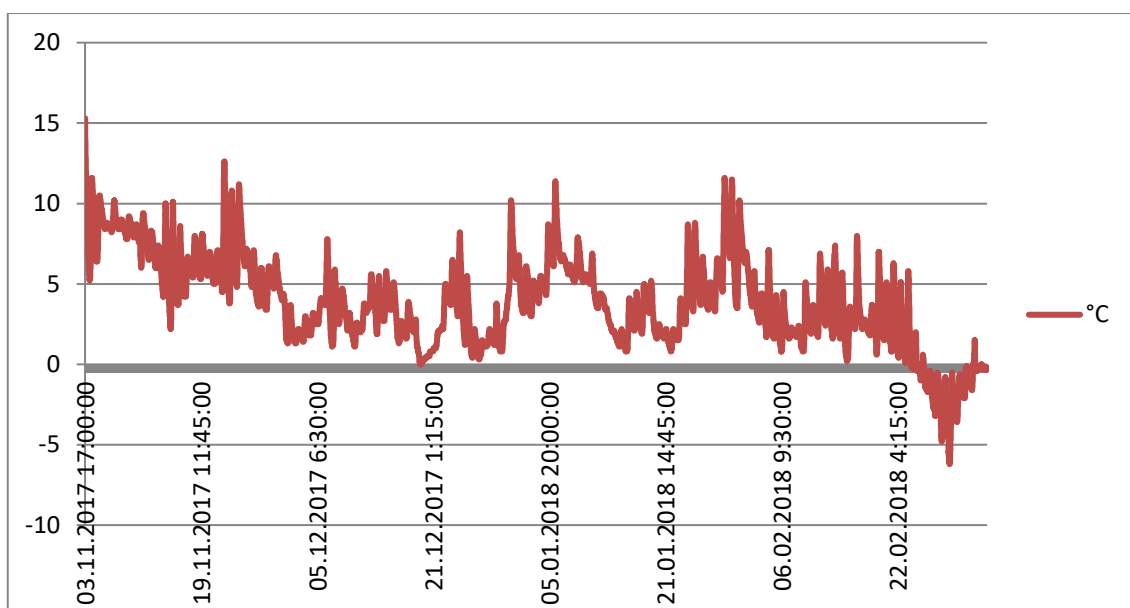
Jeden teploměr byl také umístěn do výšky 1 m, aby měřil teplotu vzduchu ve skleníku (graf 1). Z grafu jsou zřetelné značné teplotní výkyvy a vysoká teplotní amplituda (až 35 °C). Teplota byla převážně v kladných hodnotách, dosahovala hodnoty okolo 20 °C, ojediněle se vyšplhala dokonce až k 25 °C. Celkem pravidelně klesala ale také pod bod mrazu k - 5 °C. Od první kontroly 22. 2. 2020 pak nastalo období chladných dnů, kdy se udržovala nízká teplota, která opakovaně padala až k hodnotě okolo - 10 °C. Průměrná teplota vzduchu v metrové výšce byla v průběhu experimentu 3,53 °C.

Graf 1: Teplota vzduchu ve výšce 1 m

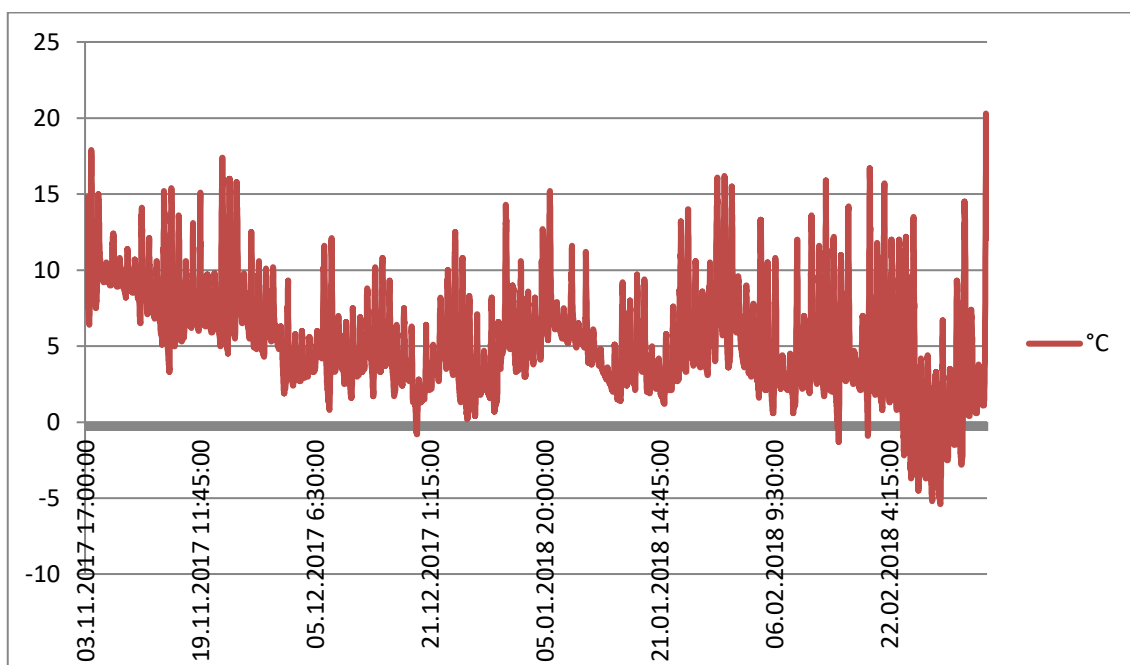


Teploty v suchozemských mikrohabitatech, konkrétně v tlejícím dřevě (graf 2) a v suchém listí (graf 3) měly podobný průběh. Avšak v suchém listí dosahovaly kladné hodnoty zhruba teploty zhruba o 5 °C vyšší. Celkově se v průběhu experimentu teploty držely nad nulou, do záporných čísel se dostaly opět až na konci února a začátkem března. Průměrná teplota v tlejícím dřevě byla 3,84 °C a v suchém listí 5,04 °C.

Graf 2: Teplota v tlejícím dřevě

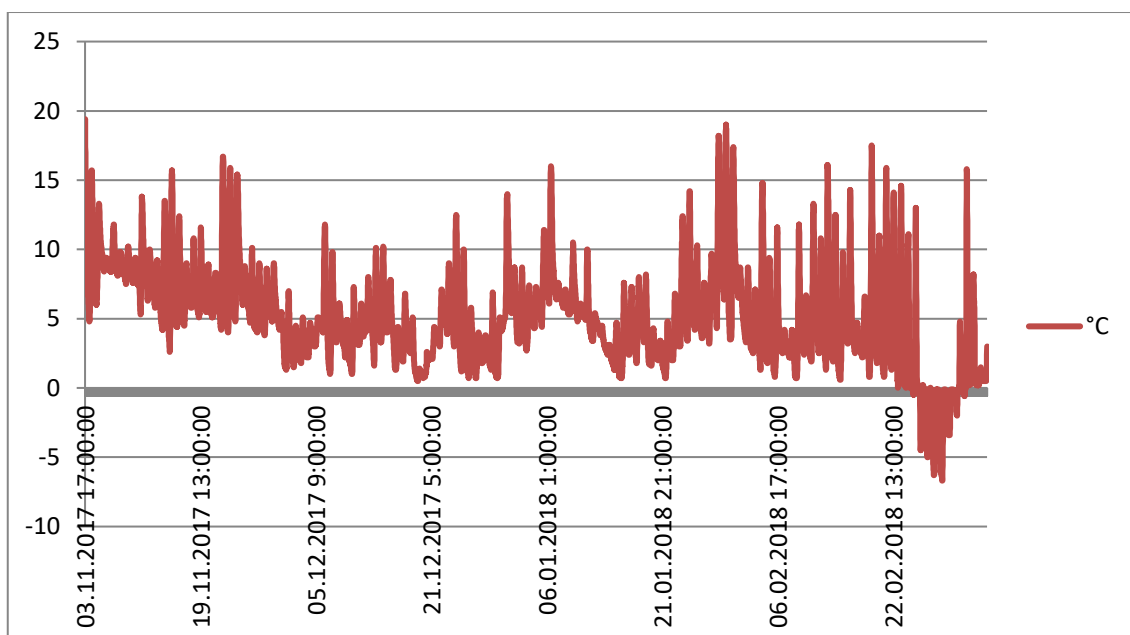


Graf 3: Teplota v suchém listí



Další teploměr byl umístěn do původního boxu (D) s vloženými jedinci a malým množstvím vody (graf 4). Tím pádem se voda v boxu rychle ohřívala, ale také rychle chladla. Nicméně v průběhu experimentu se udržovala poměrně teplá voda. Po 22. 2. 2020 ale rovněž došlo k prudkému zchlazení a voda v boxu se proměnila v led (veškerá voda zmrzla). Led povolil až těsně před ukončením experimentu. Průměrná teplota vody v tomto boxu byla 4,98 °C.

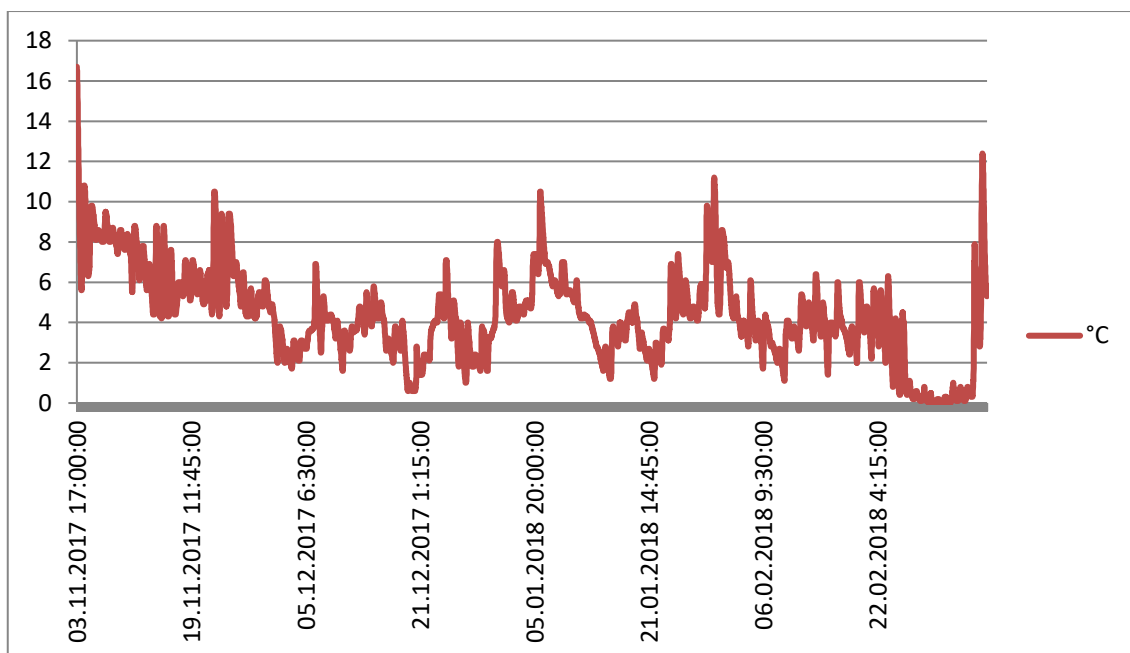
Graf 4: Teplota v původním boxu



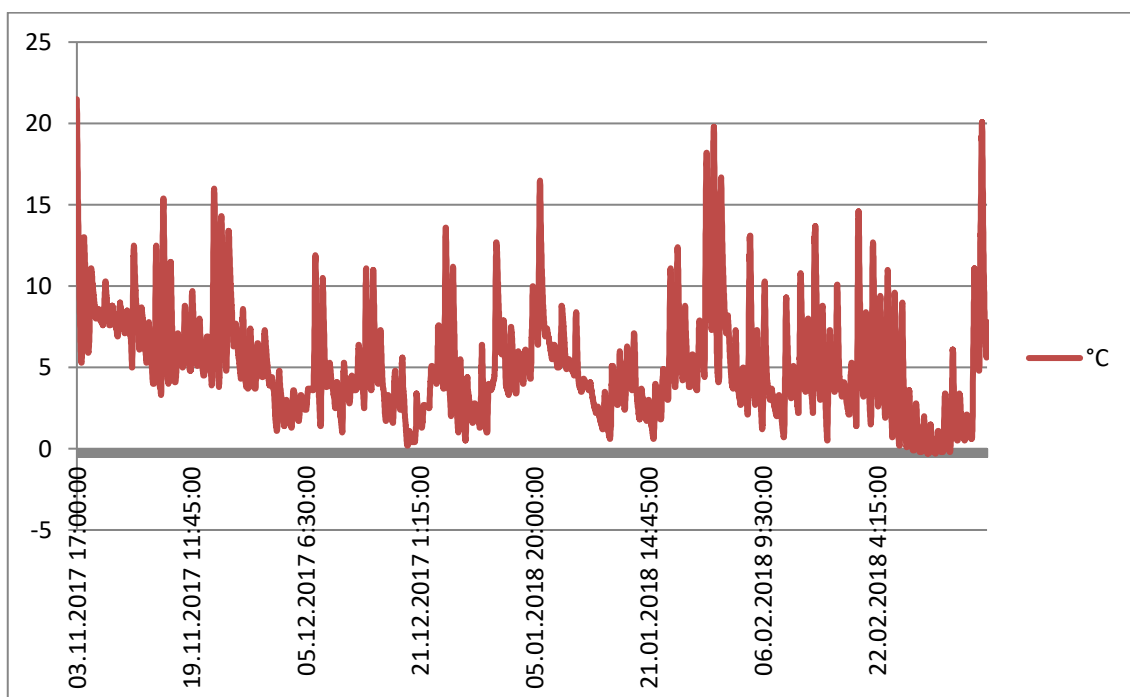
Teploměry byly vloženy také do vodních mikrohabitátů, a to do boxu s tlejícím listím (graf 5) a boxu s bahnem (graf 6). Teploty stejně jako v případě suchozemských mikrohabitátů měly obdobný průběh. V boxu s bahnem ale dosahovaly značně vyšších hodnot. Box s tlejícím listím měl v průběhu experimentu poměrně vyrovnané teploty a tedy nízkou teplotní amplitudu (zhruba 10 °C). Ani v jednom vodním mikrohabitatu se však teploty nedostaly do záporných hodnot. I při mrazivých dnech na konci února a začátkem března se udržely těsně nad nulou. Průměrná hodnota v boxu s tlejícím listím byla 4,34 °C a v boxu s bahnem potom 5,05 °C.



Graf 5: Teplota v boxu s vodou a tlejícím listím



Graf 6: Teplota v boxu s vodou a bahnem



## 5. Diskuze

Ze získaných výsledků je patrné, že nabídnuté mikrohabitaty pro přezimování využily hlavně znakoplavky, u kterých je jasně zřetelná preference vodních mikrohabitátů. Především upřednostňovaly mikrohabitaty s vodou a tlejícím listím, na kterých se v průběhu experimentu objevovala povrchová vrstvička ledu. Otázkou však zůstává, proč si drtivá většina (26/32) vybrala právě box hned vpravo za dveřmi. Jedinci *N. malulata* ho sice měli poměrně blízko, ale jedinci *N. glauca*, kterých bylo původně 4x více, ho měli téměř přes celý skleník a ostatní dva boxy s tlejícím listím se nacházely blíže. Dále je u znakoplavek viditelná tendence si pod něco vlézt (pod boxy).

Naopak malé procento nalezených klešťanek naznačuje, že nejspíš nepreferují žádný z nabídnutých mikrohabitátů a pravděpodobně ulítly dírkami ve skleníku neznámo kam. Splešťule a jehlanky zůstaly v původním boxu. Zatímco jehlanky byly při první kontrole nalezeny mrtvé, téměř všechny splešťule byly živé ve strnulém stavu s minimální aktivitou. Box ale následně na týden kompletně promrzl, co dokazuje zde umístěný teploměr. Při další kontrole již byli nalezeni všichni jedinci mrtví. Vzhledem k malé aktivitě těchto druhů se lze domnívat, že umístění klacků do původních boxů, jako další způsob jejich opuštění, mělo být provedeno již před začátkem experimentu. Jehlanky i splešťule jsou sice schopny letu, pravděpodobně i z vodní hladiny (T. Ditrich, ústní sdělení), ale za nízkých teplot mohou být jejich letové schopnosti omezené.

Teplota vzduchu ve skleníku byla většinou kladná, avšak celkem pravidelně klesala pod bod mrazu. Výrazné mrazivé hodnoty nastaly až ke konci února. V přezimovacích mikrohabitátech se teploty v průběhu experimentu držely také převážně nad nulou. Zatímco v suchozemských mikrohabitátech se teploty měnily častěji a záporné hodnoty vykazovaly opět až na konci experimentu, vodní mikrohabitaty neklesly do záporných hodnot nikdy a měly vyrovnanější teplotní průběh. Faktor, že voda působí jako tepelná nádrž, by mohl být jeden z důvodů, proč vodní plošnice preferovaly právě tyto mikrohabitaty pro přezimování.

Reálné přírodní nádrže, ve kterých tyto vodní plošnice žijí, jsou podstatně větší, tudíž mohou být výsledky jiné. Ve větších objemech vody mohou migrovat do větší hloubky nebo do větších vrstev bahna, či nánosů. Navíc v těchto nádržích obvykle zmrzne pouze povrchová vrstva, tudíž někteří jedinci mohou přezimovat pod ní.

## 6. Závěr

Problematika přezimovacích návyků hmyzu se v poslední době stává objektem zájmů mnoha vědců. Zatímco bylo dosaženo pokroku u suchozemského hmyzu, přezimování vodního hmyzu zůstává převážně neprozkoumána.

Tato práce přináší nové poznatky o přezimování vodních ploštic, které mohou být využity pro další studie. Provedený experiment ukázal, že podle použitého experimentálního designu znakoplavky preferují pro přezimování zejména vodní mikrohabitaty, především s tlejícím listím. Vysvětlením může být, že tento přezimovací habitat vykazoval v průběhu experimentu poměrně vyrovnanou relativně teplou vodu. Maximálně se vytvořila povrchová vrstvička ledu, která izolovala vodu se substrátem od chladného vzduchu.

Malý podíl nalezených klešťanek ukazuje, že nepřezimují v žádném z nabídnutých mikrohabitátů. Vysoké procento nalezených splešťulí a jehlanek bylo dáno tím, že neopustily původní box. Splešťule zde přežily zimní experiment až do doby, než došlo k úplnému zmrznutí malého množství vody na několik po sobě jdoucích dnů.

## 7. Seznam použité literatury

- Aitchison C. W., 1979: Winter-active subnivean invertebrates in Southern Canada. I. Collembola. *Pedobiologia*, 19, 113 - 120.
- Andersen N. M., 1996: Heteroptera Geromorpha, Semiaquatic Bugs. Apollo Books, Stenstrup, Denmark, 77 - 90 s.
- Anděra M., 1997: Velká kniha živočichů. Příroda, Bratislava, 344 s.
- Asahina E., 1969: Frost resistance in insects. *Advances Insect Physiology*, 6, 1 - 49.
- Bale J. S., 1989: Cold hardiness and overwintering of insects. *Agricultural Zoology Reviews* 157 - 192.
- Bale J. S., 1993: Classes of insect cold hardiness. *Functional Ecology*, 7, 751 - 753.
- Borovanská M., 2009: Physiological and molecular adaptations during diapause development and overwintering in a heteropteran bug, *Pyrrhocoris apterus*. Disertační práce. Přírodovědecká fakulta Jihočeské univerzity, České Budějovice, 120 s.
- Brittain J. E., Nagell B., 1981: Overwintering at low oxygen concentrations in the mayfly *Leptophlebia vespertina*. *Oikos*, 36, 45 - 50.
- Convey P., 2000: How does cold constrain life cycles of terrestrial plants and animals? *CryoLetters*, 21, 73 - 82.
- Crisp D. T., 1962: Observations of the biology of *Corixa germari* (Fieb.) (Hemiptera Heteroptera) in an upland reservoir, *Archiv für Hydrobiologie*, 58, 261 - 280.
- Danks H. V., 1971: Overwintering of some north temperate and arctic Chironomidae. I. The winter environment. *Canadian Entomologist*, 103, 589 - 604.
- Danks, H. V., Oliver D. R., 1972: Seasonal emergence of some high arctic Chironomidae (Diptera). *Canadian Entomologist*, 104, 661 - 686.
- Danks H. V., 1978: Modes of seasonal adaptation in the insects. I. Winter survival. *The Canadian Entomologist*, 110, 1167 - 1205.
- Danks H. V., 1987: Insect dormancy: An Ecological Perspective. *Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods)*, Ottawa, 439.

- Danks H. V., 2007: How aquatic insects live in cold climates. *Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods)*, *The Canadian Entomologist*, 139, 443 - 471.
- Denlinger D. L., 1991: Relationship between cold hardiness and diapause. In: Lee R. E. Jr and Denlinger D. L. (eds): *Insects at Low Temperature*. Chapman and Hall, New York, 174 - 198.
- Denlinger D. L., 2000: Molecular regulation of insect diapause. In: Storey K. B., Storey J. M. *Environmental Stressors and Gene Responses*, Elsevier, Amsterdam, 259 - 275.
- Fields P. G., McNeil J. N., 1986: Possible dual cold-hardiness strategies in *Ciseps fulvicollis* (Lepidoptera: Arctiidae). *Canadian Entomologist*, 118, 1309 - 1311.
- Hädicke C. W., Rédei D., Kment P., 2017: The diversity of feeding habits recorded for water boatmen (Heteroptera: Corixidae) world-wide with implications for evaluating information on the diet of aquatic insects. *European Journal of Entomology*, 114, 147 - 159.
- Heckman C. W., 2011: *Encyclopedia of South American Aquatic Insects: Hemiptera - Heteroptera: Illustrated Keys to Known Families, Genera, and Species in South America*. Springer Science & Business Media, 678 s.
- Henry T. J., 2009: Biodiversity of Heteroptera. In: Footit R. G. and Adler P. H., ed. *Insect biodiversity: science and society*. 223 - 263.
- Hodkinson I. D., 2005: Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. *Biological Reviews*, 80, 489 - 513.
- Hodková M., Hodek I., 1997: Temperature regulation of supercooling and gut nucleation in relation to diapause of *Pyrrhocoris apterus* (L.) (Heteroptera). *Cryobiology*, 34, 70 - 79.
- Hodková M., Hodek I., 2004: Photoperiod, diapause and cold-hardiness. *European Journal of Entomology*, 101, 445 - 458.
- Horwath K. L., Duman J. G., 1984: Yearly variations in the overwintering mechanisms of the cold-hardy beetle *Dendroides canadensis*. *Physiological Zoology*, 57, 40 - 45.
- Hutchinson G., E., 1993: *A Treatise on Limnology*. Vol. IV. The Zoobenthos. New York: John Wiley and Sons, 964 s.

Indrová I., 2004: Prostorová distribuce ve společenstvech vodních ploštic: srovnávací studie. Diplomová práce. Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity, České Budějovice, 165 s.

Irons J. G., Miller L. K., Oswood M. W., 1993: Ecological adaptations of aquatic macroinvertebrates to overwintering in interior Alaska (U. S. A.) subarctic streams. *Can. J. Zoolog.* 71, 98 - 108.

IUPS Thermal Commission, 2001: Glossary of terms for thermal physiology: Third Edition. *The Japanese Journal of Physiology*, 51(2), 245 - 280.

Janda V., 2017: Vliv zeměpisné šířky, resp. klimatických podmínek na chladovou odolnost ruměnice *Pyrrhocoris apterus*. Diplomová práce. Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity, 42 s.

Jansson, A. (1986). The Corixidae (Heteroptera) of Europe and some adjacent regions. *Acta. Entomol. Fennica*, 47, 1 - 94.

Javorek V., 1978: Kapesní atlas ploštic a křísů. Státní pedagogické nakladatelství Praha, 398 s.

Korbelová J., 2009: Chladová odolnost larev octomilky, *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae). Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta Jihočeské univerzity, České Budějovice, 37 s.

Košťál V., 2006: Ecophysiological phases of insect diapause. *Journal of Insect Physiology* 52, 113 - 127.

Larsén O., 1938: Untersuchungen über den Geschlechtsapparat der aqualiten Wanzen. *Opusc. Entomol., Suppl I*, 388 s.

Lee R. E. Jr., 1989: Insect Cold-Hardiness: To Freeze or Not to Freeze. *BioScience*, 39, 308 - 313.

Lee R. E. Jr., 1991: Principles of insect low temperature tolerance. In: Lee R. E. Jr. and Denlinger D. L. (eds.): *Insects at Low Temperature*. Chapman and Hall, New York, 17 - 46.

Lee R. E., 2010: A primer on insect cold tolerance. In: *Low Temperature Biology of Insects* (Eds. D. L. Denlinger and R. E. Lee). Cambridge: Cambridge University Press, 3 - 34.

Lellák J., 1972: Biologie vodních živočichů. Druhé doplněné vydání, Státní pedagogické nakladatelství, Universita Karlova v Praze, 218 s.

Lellák J., Kořínek V., Fott J., Kořínková J., Punčochář P., 1982: Biologie vodních živočichů. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 220 s.

McCoy M., 2010: Bioweb.uwlax.edu: Water Scorpion *Nepa cinerea* Nutrition. University of Wisconsin - La Crosse. [cit. 26. 2. 2019].

Dostupné z: [http://bioweb.uwlax.edu/bio203/2010/mccoy\\_morg/facts.htm](http://bioweb.uwlax.edu/bio203/2010/mccoy_morg/facts.htm)

Michaud M. R., Denlinger D. L., 2004: Molecular modalities of insect cold survival: current understanding and future trends. International Congress Series, 1275, 32 - 46.

Mihalicz J. E., 2015: An observation of the overwintering aquatic insects in a Prairie pond in Saskatchewan, Canada. University of Saskatchewan Undergraduate Research Journal, 1(2), 99 - 106.

Moore M. V., Lee R. E. Jr., 1991: Surviving the Big Chill: Overwintering Strategies of Aquatic and Terrestrial Insects. American Entomologist, 37 (2), 111 - 118.

Nedvěd O., 2000: Snow white and the seven dwarfs: a multivariate approach to classification of cold tolerance. Cryo Letters, 21(6), 339 - 348.

Novotná I., 2012: Chladová odolnost hladinatky *Velia caprai*: vliv aklimace a věkové třídy na bod podchlazení. Diplomová práce. Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity, České Budějovice, 45 s.

Obenberger J., 1958: Entomologie IV. Praha: ČSAV, 614 s.

Olosutean H., Ilie D., 2013: Prewintering aquatic and semiaquatic true bugs in the Timiș Valley. Transylv. Rev. Syst. Ecol. Res. 15, 109 - 116.

Pajunen V. I., Pajunen I., 2003: Habitat selection in rock pool corixids: the effect of local density on dispersal. Hydrobiologia, 495, 73 - 78.

Papáček M., 1989: Životní cyklus univoltinních vodních ploštic (Heteroptera, Nepomorpha) v Československu. Práce Slov.ent.spol. SAV, 8, 45 - 52 s.

Papáček M., 1991: K binomii znakoplavek (Heteroptera, Notonectidae) jižních a západních Čech. Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích, Přírodní vědy, 31, 23 - 28 s.



Papáček M., 2001: Small aquatic and ripicolous bugs (Heteroptera: Nepomorpha) as predators and prey: the question of economic importance. *European Journal of Entomology* 98, 1 - 12.

Papáček M., Soldán T., 1987: Development of the female internal reproductive system of *Notonecta glauca* (Heteroptera, Notonectidae) and the life cycle in South Bohemia. *Acta Entomol. Bohemoslov.*, 84, 161 - 180.

Peták E., Erös T., Bakonyi G., 2014: Habitat use and movement activity of two common predatory water bug species, *Nepa cinerea* L., 1758 and *Ilyocoris cimicoides* (L., 1758) (Hemiptera: Nepomorpha): field and laboratory observations. *Aquatic Insects*. 36(3-4), 231 - 243.

Placková Š., 2015: Růst a variabilita jedinců vodní plošnice znakoplavky obecné (*Notonecta glauca*) (Heteroptera: Nepomorpha: Notonectidae) charakterizované prostřednictvím individuálních ontogenezí. Diplomová práce. Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity, České Budějovice, 98 s.

Pullin A. S., 1996: Physiological relationship between insect diapause and cold tolerance: Coevolution or coincidence? *European Journal of Entomology*, 93, 121 - 129.

Reichholf - Riehm H., Marek J., Kühbandner R., Wendler F., Krampl F., 1997: *Hmyz a pavoukovci*. Praha: IKAR

Renault D., Salin C., Vannier G., Vernon P., 2002: Survival at low temperatures in insects: what is the ecological significance of the supercooling point? *Cryo – Letters*, 23, 217 - 228.

Ring R. A., Danks H.V., 1994: Desiccation and cryoprotection: overlapping adaptations. *CryoLetters*, 15, 181 - 190.

Salt R. W., 1961: Principles of insect cold- hardiness. *Annual Review of Entomology*, 6, 55 - 74.

Saulich A. H., Musolin D. H., 2007: *Seasonal Development of Aquatic and Semiaquatic True Bugs (Heteroptera)*. St. Petersburg University Press. 205 s.

Savage A.A., 1979: Some observations on oviposition in *Sigara concinna* (Fieber) *Sigara lateralis* (Leach) and *Sigara stagnalis* (Leach) (Hemiptera; Corixidae), *Archiv für Hydrobiologie*, 86, 445 - 452.

Savage A. A., 1989: Adults of the British aquatic Hemiptera Heteroptera: a key with ecological notes. Freshwater Biological Association, Ambleside, 176 s.

Sedlák E., 2005: Zoologie bezobratlých. 2. přepracované vydání. Skriptum. Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity. Brno. 337 s.

Schuh R. T., Slater J. A., 1995: The true bugs of the world (Hemiptera: Heteroptera). Classification and natural history. Cornell University Press, The United States of America. 20, 107 - 129.

Sinclair B. J., Addo -Bediako A., Chown S.L., 2003: Climatic variability and the evolution of insect freeze tolerance. Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society, 78, 181 - 195.

Suchá P., Papáček M., 2008: Overwintering corixid assemblages: structure and sexual maturity. Bulletin of Insectology, 61 (1), 177 - 178.

Svensson B. G., Tallmark B., Petersson E., 2000: Habitat Heterogeneity, Coexistence and Habitat Utilization in Five Backswimmer Species (Notonecta spp.; Hemiptera, Notonectidae), Aquatic Insects: International Journal of Freshwater Entomology, 22, 2, 81 - 98.

Šretrová M., 2018: Potravní ekologie sladkovodních ploštic (Heteroptera: Nepomorpha). Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 27 s.

Štětina T., 2012: Adaptace hmyzu na chlad: role šokových proteinů z nadrodiny Hsp. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta Jihočeské univerzity, České Budějovice, 50 s.

Štusák J. M., 1980: Ploštice - Heteroptera. str. 133 - 155. In: Rozkošný R. (ed.): Klíč vodních larev hmyzu. Academia, Praha, 221 s.

Tauber M. J., Tauber C. A., Masaki S., 1986: Seasonal Adaptations of Insects. Oxford Univeristy Press, New York, 411.

Tollarová M., 2005: Biochemické adaptace pro přežití podnulových teplot u ploštice Pyrrhocoris apterus (Insecta: Heteroptera). Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 39 s.

Usinger R., 1956: Aquatic insects of California with keys to North American genera and California species. 1st ed. Berkeley. University of California Press. 508 s.

Ushatinskaya R. S., 1957: Principles of Insect Cold Hardiness. Moskva: Izdanie Akademii Nauk SSSR.

Watson L., Dallwitz M. J., 2003: Insects of Britain and Ireland: the families of Hemiptera. Verze: 12. 2. 2019. [cit. 25. 2. 2019].  
Dostupné z: <http://www.delta-intkey.com>

Weirauch C., Schuh R. T., Cassis G., Wheeler W. C., 2019: Revisiting habitat and lifestyle transitions in Heteroptera (Insecta: Hemiptera): Insights from a combined morphological and molecular phylogeny. *Cladistics*, 35, 67 - 105.

Wetzel R. G., 2001: Limnology Lake and River Ecosystems. San Diego: Elsevier, 1006 s.

Wróblewski A., 1958: The Polish species of the genus *Micronecta* Kirk. (Heteroptera, Corixidae). *Ann. Zool.*, 17, 247 - 381.

Young E. C., 1965: Flight muscle polymorphism in British Corixidae: Ecological observations. *J. Anim. Ecol.* 34, 253 - 390.

Zachariassen K. E., 1985: Physiology of cold tolerance in insects. *Physiological Reviews*, 65, 799 - 832.