

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



**Vliv potenciálního globálního oteplování na chování
mnohonožek**

Jana Smolová

Diplomová práce
předložená
na Katedře ekologie a životního prostředí
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků
na získání titulu Mgr. v oboru
Ochrana a tvorba životního prostředí

Vedoucí práce: RNDr. & Mgr. Ivan H. Tuf, Ph.D.

Olomouc 2011

ABSTRAKT

Smolová J.: Vliv potenciálního globálního oteplování na chování mnohonožek

Globální změny teploty mohou mít dalekosáhlé důsledky na všechny sféry života na Zemi. Generalizace jejich dopadů je velmi problematická, neboť jednotlivé druhy a společenstva se ve svých odpovědích na změny klimatu značně různí.

Tato práce se zabývá vlivem zvýšení teploty na chování a aktivitu dvou druhů mnohonožek, v ČR původního druhu, špičanka mokřadní *Leptoiulus proximus* (Němec, 1896) a invazního druhu, oblanka sídelní *Cylindroiulus caeruleocinctus* (Wood, 1864). V průběhu desetidenního laboratorního pozorování provedeného na počátku (červen) a na konci léta (srpen) roku 2009 byly u obou druhů, vždy ve třech pozorovacích dnech, zaznamenávány projevy chování a aktivita. Experiment probíhal při zachování periodického kolísání teploty a světelného režimu během dne. Kontrolní skupina byla sledována při průměrné teplotě 16–18 °C, u pokusné skupiny byla teplota zvýšena v průměru o 2–4°C. Výsledky byly vyhodnoceny použitím GAM (zobecněné aditivní modely) a pomocí programu Oriana for Windows, který je zaměřen na analýzu cyklických dat.

U obou sledovaných druhů byl zjištěn vliv zvýšení teploty na projevy chování. U oblanky sídelní byl tento vliv výraznější při pozorování provedeném na konci léta. Vliv na aktivitu se u špičanky mokřadní projevil pouze při pozorování provedeném na počátku léta, kdy u skupiny se zvýšenou teplotou docházelo k poklesu aktivity, zatímco u kontrolní skupiny zůstávala aktivita přibližně na stejné úrovni. Při pozorování provedeném na konci léta docházelo k poklesu aktivity u kontrolní i pokusné skupiny. U oblanky sídelní nebyl při pozorování provedeném na počátku léta zjištěn pokles aktivity ani u jedné skupiny. Při pozorování provedeném na konci léta byl naopak pokles aktivity zaznamenán u obou sledovaných skupin. Vliv na mortalitu prokázán nebyl.

Klíčová slova: denní aktivita, globální oteplování, chování, Diplopoda, vliv teploty

ABSTRACT

Smolová J.: The Influence of Potential Global Warming on Behavior of Millipedes (Diplopoda)

Global temperature changes can have far-reaching consequences on all spheres of life on Earth. Generalization of their consequences is rather problematic because the individual species and the answers of the communities to the climate change differ to a great extent.

The thesis is focused on the influence of the increasing temperature on behaviour and activity of two species of millipedes. In the Czech Republic, the original *Leptoiulus proximus* (Němec, 1896) and the invasive *Cylindroiulus caeruleocinctus* (Wood, 1864) are the concerned species. During the ten day-period of laboratory observation carried out at the beginning (June) and at the end of the summer (August) in 2009, certain types of behaviour and activity were registered. The experiment was accomplished under the preservation of the periodical temperature oscillation and the light regime during the day. The control group was observed during the average temperature of 16 to 18 °C unlike the second group, where the temperature was risen by 2 to 4 °C in average. The results were evaluated with the help of GAM (Generalized Additive Models) and the Oriana for Windows programme, which was aimed at the cyclical data analyses. The influence of the temperature increase on the species behaviour was shown on both species. This influence during the observation was much more noticeable with *Cylindroiulus caeruleocinctus* at the end of the summer. The impact on *Leptoiulus proximus* activity was apparent only during the observation carried out at the beginning of the summer when the activity decrease was typical for the group with the temperature increase but on the other hand, the activity remained approximately the same with the control group.

The activity decrease occurred both with the control and the experimental group during the observation carried out at the end of summer. The activity decrease concerning *Cylindroiulus caeruleocinctus* was visible neither with the control group nor with the experimental one during the observation carried out at the beginning of summer. The influence on mortality was not proved.

Key Words: Daily Activity, Global Warming, Behaviour, Millipedes, Diplopoda, Temperature Influence

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením dr. Tufa
a jen s použitím citované literatury.

V Olomouci 5. 5. 2011

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Mé poděkování patří především vedoucímu této diplomové práce dr. Ivanu H. Tufovi a to za veškeré rady a připomínky, celkovou pomoc při vzniku práce a stálý přísun literatury. Můj velký dík patří také prof. Emilu Tkadlecovi za konzultace a cenné rady týkající se statistického zpracování dat v programu R. Dále děkuji svému příteli Lukáši Hulcovi, za všestrannou pomoc a podporu a to jak při vlastním experimentu, tak při zpracování dat a sepsání práce. Za podnětné a tvůrčí konzultace děkuji rovněž svým kolegyním Mgr. Táně Drahokoupilové a Bc. Lence Hadašové. Déle děkuji dr. Janě Tufové za pomoc s roztřízením mnohonožek a dr. Jardovi Kolečkovi za poskytnutí literatury. Děkuji také svým přátelům, konkrétně Mgr. Kateřině (Viktorce) Jenešové a Mgr. Vendulce Křivánkové za vydatnou pomoc při sběru materiálu, Bc. Nadě Horké děkuji za pomoc s překladem abstraktu. V neposlední řadě děkuji své rodině. Za zájem a pomoc při vlastním experimentu děkuji především dědovi Lebedovi, který se bohužel nedožil výsledků a dokončení celé práce. Ostatním členům rodiny děkuji hlavně za trpělivost, morální podporu a korektury textu.

OBSAH

SEZNAM TABULEK.....	viii
SEZNAM OBRÁZKŮ	x
1 ÚVOD	1
1.1 Role mnohonožek v dekompozičním procesu	1
1.2 Mnohonožky a globální změny klimatu.....	3
2 CÍLE PRÁCE	6
3 MATERIÁL A METODY	7
3.1 Materiál	7
3.2 Design pokusu.....	8
3.3 Sledované kategorie chování.....	9
3.4 Statistické zpracování dat.....	10
4 VÝSLEDKY	12
4.1 Vliv zvýšení teploty na chování špičanky mokřadní	12
4.2 Vliv zvýšení teploty na aktivitu špičanky mokřadní.....	25
4.3 Vliv zvýšení teploty na chování oblanky sídelní	31
4.4 Vliv zvýšení teploty na aktivitu oblanky sídelní.....	42
4.5 Vliv zvýšení teploty na mortalitu sledovaných druhů.....	48
4.6 Pattern chování špičanky mokřadní a oblanky sídelní.....	48
5 DISKUZE.....	53
5.1 Použitá metodika.....	53
5.2 Vliv zvýšení teploty na chování a aktivitu špičanky mokřadní	55
5.3 Vliv zvýšení teploty na chování a aktivitu oblanky sídelní	59
5.4 Vliv zvýšení teploty na mortalitu sledovaných druhů.....	63
5.5 Pattern chování špičanky mokřadní a oblanky sídelní.....	64
6 ZÁVĚR	67
LITERATURA.....	68

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii skrývání u špičanky mokřadní při červnovém pozorování	15
Tabulka 2 Analýza vlivu času na kategorii skrývání u špičanky mokřadní při červnovém pozorování	15
Tabulka 3 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii odpočinek u špičanky mokřadní při červnovém pozorování	16
Tabulka 4 Analýza vlivu času na kategorii odpočinek u špičanky mokřadní při červnovém pozorování..	16
Tabulka 5 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii potrava u špičanky mokřadní při červnovém pozorování	17
Tabulka 6 Analýza vlivu času na kategorii potrava u špičanky mokřadní při červnovém pozorování	17
Tabulka 7 Analýza vlivu teploty (skupina) na kategorii průzkum u špičanky mokřadní při červnovém pozorování.....	18
Tabulka 8 Analýza vlivu času na kategorii průzkum u špičanky mokřadní při červnovém pozorování	18
Tabulka 9 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii skrývání u špičanky mokřadní při srpnovém pozorování	21
Tabulka 10 Analýza vlivu času na kategorii skrývání u špičanky mokřadní při srpnovém pozorování	21
Tabulka 11 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii odpočinek u špičanky mokřadní při srpnovém pozorování	22
Tabulka 12 Analýza vlivu času na kategorii odpočinek u špičanky mokřadní při srpnovém pozorování..	22
Tabulka 13 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii potrava u špičanky mokřadní při srpnovém pozorování	23
Tabulka 14 Analýza vlivu času na kategorii potrava u špičanky mokřadní při srpnovém pozorování	23
Tabulka 15 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii průzkum u špičanky mokřadní při srpnovém pozorování	24
Tabulka 16 Analýza vlivu času na kategorii průzkum u špičanky mokřadní při srpnovém pozorování	24
Tabulka 17 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na aktivitu špičanky mokřadní při červnovém pozorování.....	26
Tabulka 18 Analýza vlivu času na aktivitu špičanky mokřadní při červnovém pozorování	26
Tabulka 19 Analýza rozložení aktivity špičanky mokřadní v průběhu tří pozorovacích dní při červnovém pozorování (červeně zvýrazněný konfidenční interval je nespolehlivý)	27
Tabulka 20 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na aktivitu špičanky mokřadní při srpnovém pozorování.....	29
Tabulka 21 Analýza vlivu času na aktivitu špičanky mokřadní při srpnovém pozorování	29
Tabulka 22 Analýza rozložení aktivity špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování	30
Tabulka 23 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii skrývání u oblanky sídelní při červnovém pozorování	33
Tabulka 24 Analýza vlivu času na kategorii skrývání u oblanky sídelní při červnovém pozorování	33
Tabulka 25 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii odpočinek u oblanky sídelní při červnovém pozorování	34
Tabulka 26 Analýza vlivu času na kategorii odpočinek u oblanky sídelní při červnovém pozorování.....	34

Tabulka 27 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii potrava u oblanky sídelní při červnovém pozorování.....	35
Tabulka 28 Analýza vlivu času na kategorii potrava u oblanky sídelní při červnovém pozorování	35
Tabulka 29 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii průzkum u oblanky sídelní při červnovém pozorování	36
Tabulka 30 Analýza vlivu času na kategorii průzkum u oblanky sídelní při červnovém pozorování	36
Tabulka 31 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii skrývání u oblanky sídelní při srpnovém pozorování.....	38
Tabulka 32 Analýza vlivu času na kategorii skrývání u oblanky sídelní při srpnovém pozorování	38
Tabulka 33 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii odpočinek u oblanky sídelní při srpnovém pozorování	39
Tabulka 34 Analýza vlivu času na kategorii odpočinek u oblanky sídelní při srpnovém pozorování.....	39
Tabulka 35 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii potrava u oblanky sídelní při srpnovém pozorování.....	40
Tabulka 36 Analýza vlivu času na kategorii potrava u oblanky sídelní při srpnovém pozorování	40
Tabulka 37 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii průzkum u oblanky sídelní při srpnovém pozorování.....	41
Tabulka 38 Analýza vlivu času na kategorii průzkum u oblanky sídelní při srpnovém pozorování	41
Tabulka 39 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na aktivitu oblanky sídelní při červnovém pozorování	43
Tabulka 40 Analýza vlivu času na aktivitu oblanky sídelní při červnovém pozorování	43
Tabulka 41 Analýza rozložení aktivity oblanky sídelní v průběhu tří pozorovacích dní při červnovém pozorování.....	44
Tabulka 42 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na aktivitu oblanky sídelní při srpnovém pozorování	46
Tabulka 43 Analýza vlivu času na aktivitu oblanky sídelní při srpnovém pozorování	46
Tabulka 44 Analýza rozložení aktivity oblanky sídelní v průběhu tří pozorovacích dní při srpnovém pozorování.....	47

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Rozvržení dna sklenice	8
Obrázek 2 Zastoupení čtyř hlavních kategorií chování špičanky mokřadní při červnovém (a) a srpnovém (b) pozorování	14
Obrázek 3 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii skrývání u špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při červnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)	15
Obrázek 4 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii odpočinek u špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při červnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)	16
Obrázek 5 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii potrava u špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při červnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)	17
Obrázek 6 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii průzkum u špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při červnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)	18
Obrázek 7 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii skrývání u špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)	21
Obrázek 8 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii odpočinek u špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)	22
Obrázek 9 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii potrava u špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)	23
Obrázek 10 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii průzkum u špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)	24
Obrázek 11 Zastoupení aktivních a neaktivních kategorií chování u špičanky mokřadní při červnovém pozorování	25
Obrázek 12 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na aktivitu špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při červnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)	26
Obrázek 13 Rozložení aktivity špičanky mokřadní v průběhu tří pozorovacích dní při červnovém pozorování (červeně vyznačený konfidenční interval je nespolehlivý)	27
Obrázek 14 Zastoupení aktivních a neaktivních kategorií chování u špičanky mokřadní při srpnovém pozorování	28
Obrázek 15 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na aktivitu špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)	29

Obrázek 16 Rozložení aktivity špičanky mokřadní v průběhu tří pozorovacích dní při srpnovém pozorování.....	30
Obrázek 17 Zastoupení čtyř hlavních kategorií chování oblanky sídelní při červnovém (a) a srpnovém (b) pozorování.....	32
Obrázek 18 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii skrývání u oblanky sídelní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při červnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně).....	33
Obrázek 19 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii odpočinek u oblanky sídelní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při červnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně).....	34
Obrázek 20 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii potrava u oblanky sídelní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při červnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně).....	35
Obrázek 21 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii průzkum u oblanky sídelní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při červnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně).....	36
Obrázek 22 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii skrývání u oblanky sídelní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně).....	38
Obrázek 23 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii odpočinek u oblanky sídelní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně).....	39
Obrázek 24 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii potrava u oblanky sídelní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně).....	40
Obrázek 25 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii průzkum u oblanky sídelní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně).....	41
Obrázek 26 Zastoupení aktivních a neaktivních kategorií chování u oblanky sídelní při červnovém pozorování.....	42
Obrázek 27 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na aktivitu oblanky sídelní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při červnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně).....	43
Obrázek 28 Rozložení aktivity oblanky sídelní v průběhu tří pozorovacích dní při červnovém pozorování.....	44
Obrázek 29 Zastoupení aktivních a neaktivních kategorií chování u oblanky sídelní při srpnovém pozorování.....	45
Obrázek 30 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na aktivitu oblanky sídelní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně).....	46
Obrázek 31 Rozložení aktivity oblanky sídelní v průběhu tří pozorovacích dní při srpnovém pozorování.....	47
Obrázek 32 Pattern chování špičanky mokřadní a oblanky sídelní v průběhu 24 hodin v červnu a srpnu.....	50

Obrázek 33 Rozdíly v zastoupení potravního chování mezi špičankou mokřadní a oblankou sídelní při červnovém (a) a srpnovém (b) pozorování (signifikace: Fisher. test p-hodnota 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05)	51
Obrázek 34 Rozdíly v zastoupení aktivních kategorií chování mezi špičankou mokřadní a oblankou sídelní při červnovém (a) a srpnovém (b) pozorování (signifikace: Fisher. test p-hodnota 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05)	52

1 ÚVOD

Teplota je základním ekologickým faktorem, jako taková ovlivňuje organizmy, jejich populace, společenstva, ekosystémy a procesy probíhající na všech úrovních organizace živé hmoty na mnoha místech naší planety (Walther a kol. 2002; Ferrari 2007; Beier a kol. 2008; David 2009; Briones a kol. 2009; Khanna 2009). Ani člověk není výjimkou a globální změny teploty společně se změnami ve srážkovém režimu mohou výrazně ovlivnit fungování lidské společnosti, ať už se jedná o dostupnost pitné vody, zemědělství, produkci potravin, nebo ekonomickou situaci (IPCC 2007). Nemůžeme se divit, že globální změny klimatu a jejich důsledky, vzbuzují v posledních letech velký zájem jak ve vědeckých kruzích, tak i mezi širokou veřejností a politiky. Problematika globálních změn klimatu je však velmi kontroverzní a z hlediska jakékoli generalizace a předpovědí do budoucna komplikovaná, neboť jednotlivé druhy, společenstva a systémy se ve svých odpovědích na změny klimatu značně různí. Samotné změny teploty se navíc vyznačují velkou proměnlivostí v prostoru i čase.

Tato práce se zabývá vlivem zvýšení teploty na chování mnohonožek. Mnohonožky představují modelovou skupinu rozkladačů mrtvé organické hmoty (Crawford 1992) a již dříve bylo zjištěno, že klimatický stres, jako oteplování, může způsobit změny v jejich abundanci, výskytu i aktivitě (Faber 1991; Briones a kol. 2009) a s tím spojené změny v koloběhu živin. Plné porozumění vlivu klimatických změn na tuto skupinu živočichů proto skýtá první krok ke smysluplným předpovědím změn v rozkladu půdní organické hmoty (David a Handa 2010).

1.1 Role mnohonožek v dekompozičním procesu

Dekompozice představuje soustavu rozkladných procesů a přeměn mrtvé organické hmoty. Podílí se na toku energie a recyklaci minerálních látek (Swift 1979). Rychlost a kvalitu dekompozice ovlivňuje několik činitelů. V širším geografickém měřítku jsou řídicí klimatické faktory, především teplotní a vlhkostní režim. V regionálním a lokálním měřítku se více uplatňují fyzikálně chemické vlastnosti půdy, kvalita zdrojů a interakce mezi mikro- a makroorganizmy (Lavelle a kol. 1993, Lavelle 1997). Proces dekompozice je tedy teplotou ovlivňován hned dvakrát (Aerts 2001; Beier a kol. 2008). Kromě přímého vlivu na rychlost a účinnost rozkladu odumřelé organické hmoty teplota ovlivňuje i organizmy, které jsou za rozklad organických zbytků zodpovědné (Krivolutzky a Pokarzhevsky 1977; Gonzalez a Seastedt 2001).

Mezi hlavní makrorozkladače půdní organické hmoty patří právě mnohonožky, které se živí především odumřelými částmi rostlin v různém stádiu rozkladu, půdními částicemi a humusem. Mnohonožky jsou v tropech a temperátní zóně zodpovědné za rozklad přibližně 5–10 % ročního opadu (Hopkin a Read 1992). Toto číslo je však pouze orientační neboť, množství zkonsumované organické hmoty se u jednotlivých druhů a v různých biotopech liší, např. *Glomeris balcanica* Verhoeff, 1906 žijící ve stálezelených tvrdolistých porostech na severu Řecka je zodpovědná za rozklad pouze asi 3,6 % ročního organického opadu v této oblasti (Iatrou a Stamou 1989). Naproti tomu mnohonožky druhu *Harpaghe haydeninana* (Wood, 1864) zkonsumují denně takové množství opadu, které se rovná 10 – 20 % jejich celkové biomasy, což v lesích na západním pobřeží Kanady, kde se tento druh vyskytuje, představuje až 36 % ročního opadu (Cárcamo a kol. 2000).

Půdní makrodetritivoři tvoří důležitý článek v řetězci rozkladných procesů i přesto, že jejich podíl na přímém chemickém rozkladu látek je poměrně malý. Jejich význam spočívá především v tom, že přeměňují strukturu opadu, rozměňují ho, promíchávají s minerálními složkami půdy a vytvářejí prostředí pro mikroorganismy. Toto drcení a drobení organických zbytků probíhá v zásadě dvěma způsoby: 1) jako vedlejší produkt příjmu potravy, tedy to co není mnohonožkou zkonsumováno, nebo 2) jako fragmentace spojená s příjmem potravy a chemickou a bakteriální přeměnou v zažívacím traktu mnohonožky. Nestrávené zbytky organické hmoty, které jsou vylučovány ve formě fekálních peletek obsahují fragmenty o velikosti 0,01 až 0,2 (0,5) mm (Hanlon 1981a v Cárcamo a kol. 2000). Právě tyto fekální peletky představují vhodné prostředí pro bakterie, které dokončují rozkladné procesy. Z rozmělněných částí opadu se rychleji vyluhují toxické fenoly, které by jinak růst bakterií inhibovaly. Také pH fekálií je v porovnání s opadem, který neprošel zažívacím traktem, pro růst bakterií příznivější. Počet některých druhů bakterií je na peletkách až dvakrát větší než na přijímané potravě (Tajovský 1992). Kromě množství bakterií se při porovnání fekálních peletek a opadu liší jejich složení. Bakterie, které jsou pozřeny s potravou, jsou stráveny a nahrazeny jinými ze střevní mikroflóry mnohonožek (Tajovský 1992).

Rozmělnění opadu dále zvyšuje i rychlost vyluhování dusíku, především v podobě NH_4 (Cárcamo a kol. 2000) a rychlost uvolňování disociovaných organických látek (Gunnarson 1988; Cárcamo a kol. 2000), což ovlivňuje koloběh N a C v půdě. Další významnou úlohou těchto makroorganizmů je transport mikrobů a jejich propagul a spór hub na nová stanoviště (Lavelle a kol. 1993). Vedle toho svou hrabavou činností

zvyšují aeraci půdy a tím nepřímo zintenzivňují i rozklad organických látek (Kalčík 2001).

1.2 Mnohonožky a globální změny klimatu

Globální klima Země se za posledních 100 let oteplilo v průměru o 0,6 °C (IPCC 2007; David a Handa 2010). Nejedná se přitom o lineární nárůst teploty, ale teplota periodicky kolísá. V minulém století byly zaznamenány dvě hlavní periody oteplování. První mezi roky 1910 a 1945 a druhá od roku 1976 dále. Kromě fluktuace v čase vykazují změny teploty i velkou proměnlivost v prostoru. Rychlost regionálních změn, které jsou vysoce prostorově heterogenní, se liší místo od místa, přičemž někde může docházet i k ochlazování. Zpráva IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007) uvádí, že od roku 1970 do roku 2004 došlo na některých místech světa ke změně průměrné přízemní teploty až o 3,5 °C. Přitom právě regionální změny teplot jsou v kontextu ekologické odpovědi organismů mnohem významnější než globální průměr, protože organismy běžně reagují spíše na lokální výkyvy než na globální průměr (Walter a kol. 2002).

Globální změny teploty rovněž úzce souvisí se změnami ve srážkovém režimu. V globálním průměru dochází k mírnému nárůstu srážek (Alexander a kol. 2006; Zhang a kol. 2007). O všem i zde jsou patrné časové a prostorové výkyvy. Na severní polokouli a v subtropích dochází spíše k poklesu srážek, zatímco ve středních zeměpisných šířkách k jejich nárůstu (Zhang a kol. 2007). Srážky budou tedy zřejmě narůstat především v již nyní deštivých oblastech (Alexander a kol. 2006).

V posledních desetiletích již byly v přírodě zaznamenány mírné změny vycházející z globálních změn klimatu. Jedná se především o posun v nástupu fenologických fází některých rostlin, dřívější nebo naopak pozdější začátek migrace ptáků nebo obojživelníků a změny v areálu rozšíření některých druhů (Walther a kol. 2002; Menéndez 2007; David 2009; Khanna 2009; David a Handa 2010). Změny v teplotním a srážkovém režimu však představují do jisté míry velmi nepředvídatelný faktor a to nejen z hlediska jejich vysoké prostorové a časové heterogenity. Rovněž generalizace jejich dopadů je velmi problematická, neboť jednotlivé druhy a společenstva se ve svých odpovědích na tyto změny značně různí.

Rozdíly v reakcích na globální změny klimatu najdeme i uvnitř třídy mnohonožek (David 2009). Teplota ovlivňuje téměř všechny sféry života těchto organismů, jejich rozšíření a velikost areálu (David 2009; David a Handa 2010), stejně jako jejich

vertikální distribuci v půdě (Dowdy 1944), denní a roční aktivitu (Banerjee 1967), metabolismus, respiraci (Gromysz-Kałkowska 1973) a rychlost ztráty vody (Mead-Briggs 1956). Teplota také ovlivňuje potravní chování mnohonožek. Např. mnohonožky z čeledi Julidae *Rossiulus kessleri* (Lohmander, 1927), žijící na východní Ukrajině, přijímají potravu při teplotě od 1 do 34°C, nejvíce jim ale vyhovují teploty okolo 21 °C. Tento druh je však více odolný proti vysoké teplotě a nízké vlhkosti než ostatní druhy v tomto regionu (Striganova 1972).

Některé druhy mnohonožek mohou na zvýšení globální teploty reagovat velmi pozitivně například zrychlením svého vývoje, snížením věku při první reprodukci, zvýšením plodnosti nebo velikosti dospělých jedinců, jako je tomu například u plochule západní *Polydesmus angustus* Latzel, 1884 a některých dalších druhů mírného pásma (David 2009, David a Handa 2010). Tento pozitivní vliv je způsoben především snížením počtu mrazových dní v roce (Alexander a kol. 2006) a tedy dřívějším nástupem a prodloužením jarního období reprodukce (Walter a kol. 2002; David a Handa 2010). Oteplování je však zaznamenáváno ve všech ročních obdobích (Alexander a kol. 2006) a dřívější nástup jara pak může být vyvážen teplejším a suchým létem.

Vůči vyschnutí jsou mnohonožky málo odolné a vlhkost prostředí hraje důležitou roli především při výběru mikrohabitatu. Pokud ale vlhkost neklesne pod určitou prahovou hodnotu, jsou ve své aktivitě limitovány pouze extrémními teplotami (Cloudsley-Thompson 1962; Warburg 1987 v Crawford 1992). Např. mnohonožka *Alloporus uncinatus* Attems, 1914, běžně žijící v jihoafrických savanách je schopná při teplotě 20 °C a nižší přežít při 5% vzdušné vlhkosti déle než 30 dní, ale při zvýšení teploty na 30° C většina jedinců v průběhu 30 dnů uhynie (Dangerfield a Chipfunde 1995). Toto je však opět velmi extrémní případ. Ideální vlhkost substrátu a potravy se u většiny druhů pohybuje okolo 70 % i více (O'Neill 1967).

Působení vlhkosti a teploty je vzájemně provázané a odolnost jedince proti nepříznivým podmínkám se odvíjí od mnoha faktorů vycházejících především z životní historie druhu. Samozřejmě záleží i na areálu rozšíření druhu (David 2009). Druhy přivyklé na chladnější podnebí, endemické druhy s nízkou schopností disperse a druhy, které již teď žijí u horní hranice svého teplotního optima, mohou být zvýšením globální teploty ovlivněny velmi negativně (Parmesan 2006 v David a Handa 2010).

Odolnost vůči vysychání se u jednotlivých druhů liší především v závislosti na velikosti těla a na struktuře kutikuly. Větší druhy mají relativně menší povrch těla vzhledem k jeho objemu, mají také silnější kutikulu a jsou tedy více odolné vůči

vysychání než druhy menší (O'Neill 1969), ovšem existují i výjimky. V rámci druhu pak záleží především na vývojové fázi a pohlaví jedince (Dangerfield a Chipfunde 1995; David a Vannier 2001). U samců v reprodukční fázi může docházet k nekontrolovatelné ztrátě vody přes membránu gonopod. U druhů s periodomorfózou jsou, v nereprodukční fázi, gonopody odstraněny se svlečkou, takže ke ztrátám vody nedochází (Sahli 1987; Bailey a Kovaliski 1993).

Rovněž chování představuje určitou možnost, jak se vyhnout nepříznivým podmínkám prostředí. Především zahrabávání, vytváření úkrytů, případně i agregační chování, změny v aktivitě nebo stáčení mohou sloužit ke zmírnění dopadů nepříznivých klimatických podmínek (Hassall a kol. 2009). Behaviorální termoregulace úzce souvisí se sezónními a zřejmě i denní rytmy mnohonožek. Většina mnohonožek vykazuje nejvyšší aktivitu v nočních, případně ranních a večerních hodinách. Udává se, že až 90 % procent mnohonožek je v přírodě aktivních mezi 22:00 a 04:00 (Dondale a kol. 1972). Zda jsou tyto rytmy řízeny střídáním světelné a temnostní fáze dne, není zcela jasné, protože při laboratorních pozorováních zůstává rytmicita s menšími změnami zachována i při konstantním světle či tmě, takže může být řízena „vnitřními hodinami“ a kódována geneticky (Koilaraj a kol. 1999). V přírodě může být denní aktivita ovlivňována i aktivitou predátorů, nebo může změna světelného režimu korelovat i se zvýšením vzdušné vlhkosti a poklesem teploty v ranních a večerních hodinách (Banerjee.1967).

Mnohé druhy tráví nepříznivé období roku zahrabané v půdě případně v úkrytech, které jim poskytují dostatečnou vlhkost. Příkladem může být *Ommatoiulus moreletii* (Lucas, 1860) jehož aktivita začíná, po podzimních deštích, když se zvýší vlhkost a teplota poklesne pod 20°C (Bailey a Kovaliski 1993). Rovněž další druhy mnohonožek vykazují pokles aktivity v nejteplejších nebo naopak nejchladnějších měsících roku (Banerjee 1967).

2 CÍLE PRÁCE

Práce zkoumá vliv zvýšení teploty na aktivitu a na konkrétní projevy chování dvou druhů mnohonožek z čeledi Julidae – lesního druhu špičanka mokřadní a v ČR nepůvodního druh oblanka sídelní. Srovnání nově přichozího druhu s původním bylo zvoleno záměrně, vzhledem k tomu, že klimatické změny úzce souvisí s biologickými invazemi a změnou rozšíření některých druhů (Walther a kol. 2002; IPCC 2007; David 2009; David a Handa 2010). Cílem práce je během laboratorního pozorování zjistit, zda má zvýšení teploty vliv na konkrétní projevy chování, aktivitu a případnou mortalitu výše zmíněných druhů. Mimo to se práce zaměřuje také na srovnání celkového patternu aktivity a chování obou druhů.

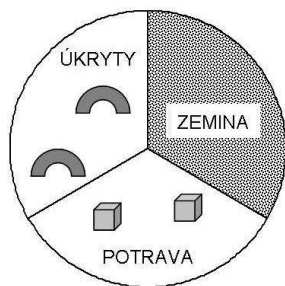
3 MATERIÁL A METODY

3.1 Materiál

Pro pokus byli použiti adultní jedinci dvou druhů mnohonožek z čeledi Julidae, špičanka mokřadní *Leptoiulus proximus* (Němec, 1896) a oblanka sídelní *Cylindroiulus caeruleocinctus* (Wood, 1864). Zatímco špičanka mokřadní je u nás původní mnohonožka, žijící ve vlhčích lesích, oblanka sídelní pochází ze západní Evropy, odkud byla zavlečena do evropské části Ruska, Polska, Slovenska, ČR, a některých regionů Severní Ameriky. Druh se šíří neúmyslnou introdukcí s kořenovými baly, při zemních pracích a manipulaci s půdou (Kocourek 2004, 2006). Vyskytuje se především ve městech a jejich antropogenně ovlivněném okolí, osídluje ale i původně otevřená lesostepní stanoviště přeměněná na kulturní zahrady, sady, parky a trávníky (Jedryczkowski 1992; Kocourek 2006; Mock 2006).

Špičanky byly sbírány průběžně od jara do léta 2009 v lužním lese (*Quercus-Ulmetum*) nedaleko obce Horka nad Moravou. Oblanky byly sbírány v městském parku Bezručovy sady v Olomouci, ve stejném časovém období jako jedinci prvního druhu (Příloha 1). Všichni jedinci byli následně v laboratoři roztríděni podle pohlaví a umístěni v plastových boxech s vlhkým substrátem a potravou (listový opad, brambor) do termostatu. V těchto podmínkách, při teplotě 15 °C, byli uchováni až do zahájení pokusu.

Pro vlastní pokus byly připraveny zavařovací sklenice o průměru dna 15 cm. Dno každé sklenice bylo vylito 1 cm silnou vrstvou sádry pro lepší udržení vlhkosti. Tento podklad byl rozdělen na tři stejné části (Obr. 1). Jedna třetina byla pokryta 20g zeminy, která po rozhrnutí tvořila cca 2 mm silnou vrstvu. Zemina byla před použitím vysušena při teplotě 100 °C po dobu 12 h a přeseťá sítkem o velikosti ok 1 mm. Ve druhé třetině byly umístěny dva úkryty z červeného plastu. Tyto úkryty byly částečně průhledné, aby bylo možné pozorovat, zda se jedinec nachází uvnitř úkrytu. V poslední třetině byla umístěna potrava. Tu tvořily dvě kostky bramboru o délce hrany 1 cm, které byly každých 48 h měněny. Zda je brambor vhodnou potravou a mnohonožky jej budou bez problémů konzumovat bylo ověřeno před zahájením pokusu.



Obrázek 1 Rozvržení dna sklenice

3.2 Design pokusu

Design experimentu byl navržen dr. Tufem na základě konzultace s dr. Aline Quadros (Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Brazílie). Podobný design byl již použit v práci Drahokoupilové (2011).

Jednu pozorovací jednotku tvořila vždy jedna sklenice. Do každé sklenice byli umístěni čtyři jedinci daného druhu, konkrétně dva samci a dvě samice (samci byli pro snadnější rozlišení označeni fixem UNI PAINT MARKER používaným na značení včelích matek). Pro každý druh bylo 7 sklenic umístěno v místnosti s průměrnou teplotou cca 16–18 °C (červen 16,4 °C, srpen 18 °C) a 7 sklenic v místnosti, kde jsme předpokládali teplotu v průměru o 3–4 °C vyšší (20 °C, resp. 20,6 °C). Celkem bylo tedy pozorováno 28 jedinců každého druhu při nižší i při vyšší teplotě (skupina jedinců, kteří byli umístěni při nižší teplotě, byla považována za kontrolní skupinu a dále je označována jako skupina S1, skupina jedinců sledovaných při vyšší teplotě je dále označována jako skupina S2).

Všechny sklenice byly vystaveny přirozené fotoperiodě a během pokusu byl zaznamenáván čas východu a západu slunce. Přesný průběh teploty během pokusu byl zaznamenáván každou hodinu pomocí dataloggeru Minikin TH (Příloha 2).

Jedinci byli umístěni do sklenic a ponechání v klidu, v místnostech ve kterých pokus probíhal, 72 h před prvním pozorováním, aby se v novém prostředí dostatečně aklimatizovali. Pozorování probíhala vždy ve 24h cyklech, kdy bylo každou hodinu zaznamenáváno chování jedinců v jednotlivých sklenicích. V noci bylo chování jedinců zaznamenáváno při červeném světle (čelová svítlna Varta Head Light Active 11631), aby nebyli jedinci rušeni. Po 24 hodinách pozorování byli jedinci ponechání v klidu po dobu 48 h, po uplynutí této doby bylo pozorování zopakováno, poté následovalo dalších 48 h klidu a poslední pozorování na stejných jedincích. V průběhu celého experimentu byly sklenice pravidelně roseny, kvůli udržení vlhkosti. První experiment probíhal od 18. do 28. června, druhý experiment na nově sebraných jedincích byl proveden o dva

měsíce později od 15. do 25. srpna 2009. V září roku 2010 bylo ještě provedeno doplňkové měření teploty (datalogger Minikin TH) na lokalitách s výskytem oblanky sídelní (park Bezručovy sady v Olomouci) a špičanky mokřadní (lužní les *Quercus-Ulmetum* nedaleko obce Horka nad Moravou) (Příloha 3).

3.3 Sledované kategorie chování

Během pokusu bylo zaznamenáváno 7 typů chování. Kategorie chování byly rozděleny podle toho, zda se jednalo o aktivní nebo neaktivní projevy chování.

Aktivní kategorie chování

Průzkum – jedinec se aktivně pohybuje po sklenici (chodí nebo běhá, tykadly ohmatává substrát a předměty)

Monitoring – jedinec stojí na místě a pohybuje tykadly pomalu různými směry

Potrava – jedinec přijímá potravu (brambor, půdní částice, exkrementy), pije (opakovaně se dotýká substrátu), vylučuje

Čištění – jedinec si čistí tykadla, nebo končetiny

Hrabání – jedinec aktivně hrabe v zemině nebo sádře

Neaktivní kategorie chování

Odpočinek – jedinec leží neaktivně na povrchu, většinou stočený

Skrývání – tato kategorie byla vytvořena pro zjednodušení statistické analýzy sloučením dvou kategorií s podobným významem:

- Úkryt – jedinec se nachází v plastovém úkrytu, nepohybuje se vůbec nebo pouze nepatrně
- Zahrabání – jedinec je částečně nebo úplně zahrabán v zemině, příp. v sádře

Původně uvažovaná kategorie **interakce** byla zrušena, protože kolidovala s ostatními kategoriemi a například pokud byly mnohonožky zahrabané nebylo možné zjistit zda se mezi sebou dotýkají, aniž by byly vyrušeny. Proto bylo zaznamenáváno pouze páření, které však nebylo příliš časté. Kromě uvedených kategorií chování byl v průběhu pokusu zaznamenáván i počet zemřelých a svlékajících se jedinců.

3.4 Statistické zpracování dat

Analýza vlivu zvýšení teploty na chování

Pro analýzu byly vybrány pouze čtyři nejčastější kategorie chování. Srovnání jednotlivých kategorií chování mezi skupinami S1 a S2 bylo provedeno pro každý pozorovací den zvlášť. K analýze byly využity generalizované aditivní modely (dále GAM), konkrétně modely z *mgcv* knihovny programu R (R Development Core Team 2009). Získaná data byla hodnocena na základě binomického rozdělení (pro každou kategorii chování byl zjišťován výskyt nebo nevýskyt dané kategorie v rámci jedné sklenice v danou hodinu pozorování). Pomocí funkce *cbind* byly nejprve vypočteny frekvence daného chování v jednotlivých sklenicích. Takto upravená data byla analyzována za použití prediktorů čas a teplota. Vzhledem cyklickému charakteru prediktoru čas byla užitá hladká transformační funkce (*s*). Teplota byla uvažována jako kategoriální prediktor o dvou úrovních: 1) S1 – kontrolní skupina pozorovaná při nižší teplotě, 2) S2 – skupina pozorovaná při vyšší teplotě.

Analýza vlivu zvýšení teploty na aktivitu

Zda se liší aktivita mezi skupinou S1 a S2 bylo testováno opět za použití GAM (viz výše). Pro analýzu rozložení aktivity během dne byl použit statistický program Oriana for Windows (Kovach 2009), který je zaměřen na analýzu cyklických dat. V tomto programu byly vytvořeny kruhové histogramy četností aktivit v průběhu dne. Zda je aktivita v průběhu dne rozložena rovnoměrně bylo testováno pomocí Rayleighova z-testu uniformity. Součástí analýzy v programu Oriana byl i výpočet vektoru průměru. Směr vektoru udává průměrný čas vysoké koncentrace dat, délka vektoru udává jak těsně jsou data kolem průměru koncentrována. Delší vektor průměru a tedy i vyšší z-hodnota, znamená, že data jsou více koncentrována kolem průměrné hodnoty a mají menší pravděpodobnost uniformního rozložení během dne.

Analýza vlivu zvýšení teploty na přežívání

Jestli se liší sledované skupiny (S1 a S2) v mortalitě jedinců bylo vyhodnoceno v programu R s využitím funkce *fisher.test* z plug-in knihovny *stats*.

Pattern chování

Grafy znázorňující pattern chování byly vytvořeny za pomoci několika programů. V programu Oriana for Windows byly zjištěny četnosti kategorií chování v každou hodinu dne. Křivky průběhu daných kategorií byly vytvořeny v programu Microsoft

Office Excel a pomocí programu Microsoft Office PowerPoint byla dokončena grafická úprava grafů. Rozdíly v četnostech potravního chování aktivity mezi oběma sledovanými druhy byly testovány v programu R opět s využitím funkce *fisher.test*.

4 VÝSLEDKY

Při červnovém pozorování byla u skupiny S1 (kontrolní skupina pozorovaná při nižší teplotě) průměrná teplota 16,4 °C. Maximální teplota naměřená u této skupiny byla 18,1 °C, minimální pak 14,4 °C. U skupiny S2 (skupina pozorovaná při vyšší teplotě) byla při červnovém pozorování průměrná teplota 20 °C, maximální naměřená teplota 22,1 °C a minimální 17,5 °C (Příloha 2).

Při srpnovém pozorování byla průměrná teplota pro skupinu S1 18 °C. Maximální teplota u této skupiny byla 19,6 °C a minimální teplota byla 12,8 °C. Průměrná teplota u skupiny S2 20,6 °C. Maximální naměřená teplota pro tuto skupinu byla 24,5 °C, minimální pak 15,3 °C (Příloha 2).

4.1 Vliv zvýšení teploty na chování špičanky mokřadní

Pozorování červen

Při prvním pokusu (18.–28.6) bylo během tří pozorovacích dnů získáno celkem 3692 záznamů o chování špičanky mokřadní, z toho 1856 pro skupinu S1 a 1836 pro skupinu S2 (rozdíly v počtu záznamů byly způsobeny úmrtností jedinců). Nejčastěji zaznamenávanou kategorií chování byla u obou skupin potrava (Obr. 2). U skupiny S1 bylo druhou nejčastější kategorií skrývání a následovaly kategorie: odpočinek, průzkum, čištění, hrabání, monitoring a páření. U skupiny S2 byla druhou nejčastější kategorií kategorie odpočinek a poté průzkum, skrývání, čištění, hrabání a monitoring. Páření nebylo u této skupiny zaznamenáno (Příloha 4).

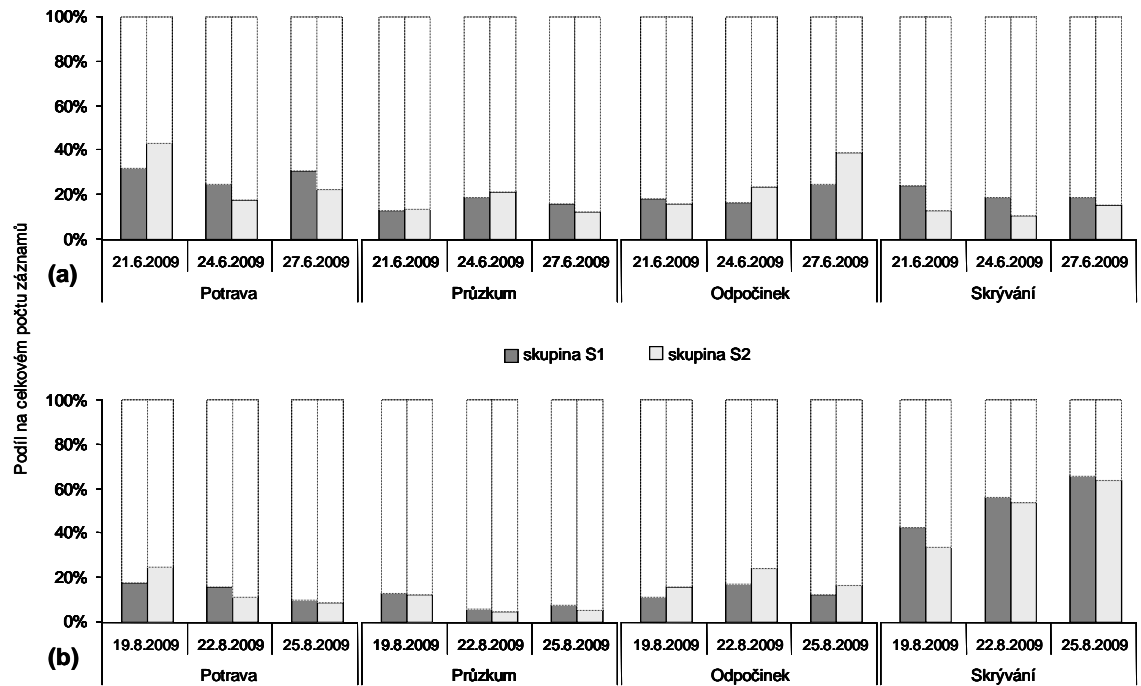
Při podrobnější analýze zaměřené na jednotlivé dny byly mezi oběma skupinami zjištěny rozdíly v četnostech kategorií skrývání, odpočinek a potrava. Pro kategorii **skrývání** byl rozdíl v četnostech prokázán v prvním a druhém pozorovacím dni (Obr. 3; Tab. 1), kdy byla vyšší četnost zaznamenána u skupiny S1. Ve třetím pozorovacím dni bylo skrývání u obou skupin zastoupeno stejně. Maximum četností kategorie skrývání bylo v prvním pozorovacím dni zaznamenáno mezi 08:00 a 16:00, ve druhém pozorovacím dni mezi 08:00 a 17:00. Ve třetím pozorovacím dni bylo maximum mezi 11:00 a 16:00 (Obr. 3; Tab. 2).

U kategorie **odpočinek** byl v průběhu pozorování zaznamenán zřetelný nárůst četností u skupiny S2 (Obr. 2). Obě skupiny se v četnostech této kategorie lišily ve druhém a třetím pozorovacím dni (Obr. 4; Tab. 3), kdy byly vyšší četnosti této kategorie zaznamenány u skupiny umístěné ve vyšší teplotě (S2). Maximum četností bylo v prvním dni zaznamenáno v 01:00 a od 07:00 do 17:00. Ve druhém pozorovacím dni

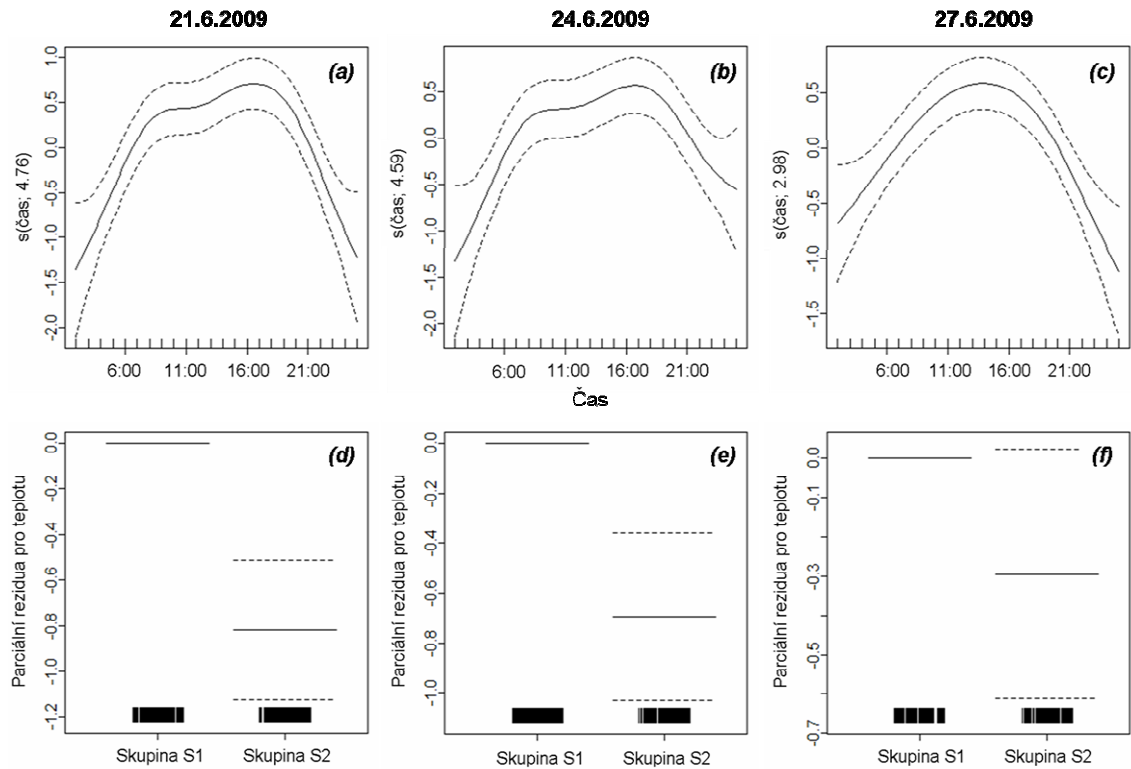
bylo maximum četností kategorie odpočinek ve 12:00 a ve třetím pozorovacím dni v 07:00. Celkově byly vyšší četnosti této kategorie zaznamenávány ve dne a v noci nastal pokles (Obr. 4; Tab. 4).

U kategorie **potrava** byl prokázán rozdíl ve všech třech pozorovacích dnech (Obr. 5, Tab. 5). V prvním dni byla tato kategorie více preferována skupinou umístěnou ve vyšší teplotě (S2), zatímco ve druhém a třetím pozorovacím dni byla vyšší četnost této kategorie u kontrolní skupiny umístěné v teplotě nižší. Denní maximum četností kategorie potrava bylo v prvním dni zaznamenáno přibližně v 02:00, poté kolem 11:00 následoval pokles a další menší nárůst četností přibližně v 17:00. Ve druhém pozorovacím dni byly četnosti rozloženy téměř rovnoměrně od 02:00 do 18:00 s mírným nárůstem v 18:00. Ve třetím pozorovacím dni bylo potravní chování opět rozloženo téměř rovnoměrně v průběhu celého dne s mírným nárůstem kolem 11:00 (Obr 5; Tab. 6).

U kategorie **průzkum** nebyl prokázán rozdíl v četnostech mezi skupinami S1 a S2 ani v jednom z pozorovacích dní (Obr. 6; Tab. 7). Četnosti kategorie průzkum se ve všech pozorovacích dnech pohybovaly kolem stejné úrovně, pouze druhý pozorovací den bylo u obou skupin zaznamenáno mírné zvýšení (Obr. 2) V prvním pozorovacím dni bylo zaznamenáno maximum četností kategorie průzkum ve 23:00, ve druhém a třetím pozorovacím dni od 23:00 do 02:00. Průzkum byl téměř výhradně soustředěn v nočních hodinách (Obr. 6; Tab. 8). Kategorie čištění, hrabání, monitoring a páření nebyly analyzovány z důvodu nízkého počtu záznamů.



Obrázek 2 Zastoupení čtyř hlavních kategorií chování špičanky mokřadní při červnovém (a) a srpnovém (b) pozorování



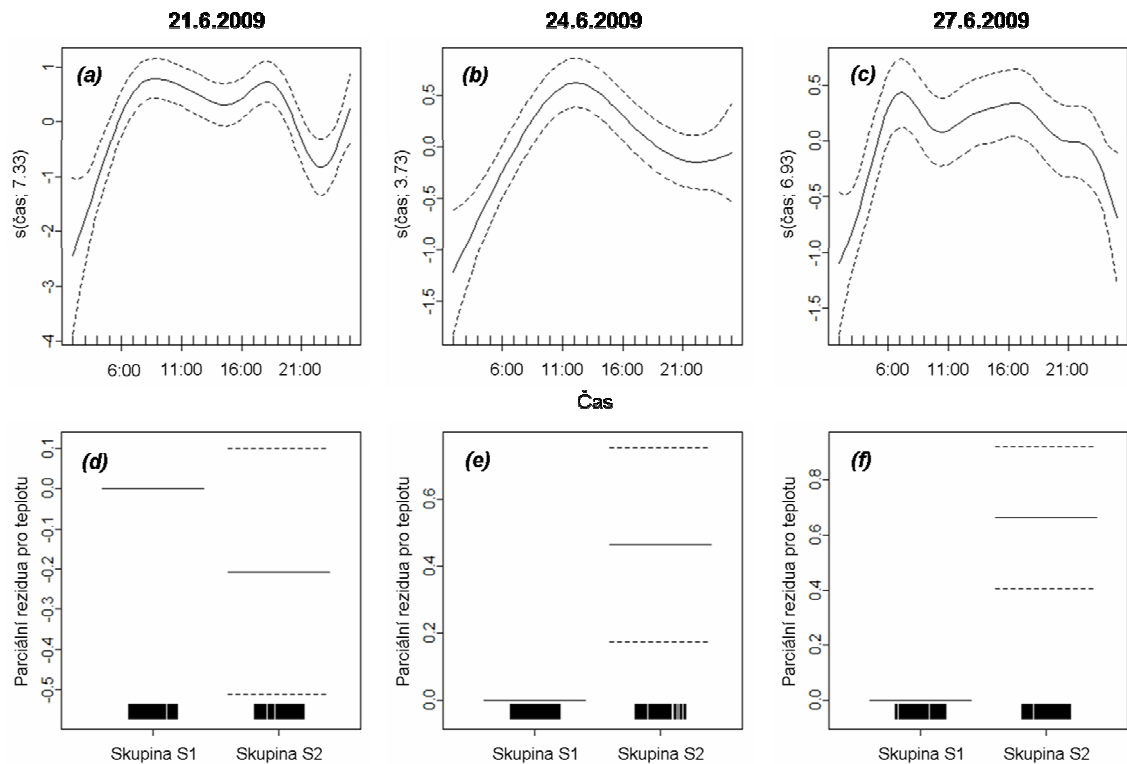
Obrázek 3 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii skrývání u špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při červnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 1 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii skrývání u špičanky mokřadní při červnovém pozorování

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>1. den – 21. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,24278	-12,575	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	-0,81937	-5,322	$1,03 \times 10^{-07}$
<i>2. den – 24. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,5357	-14,218	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	-0,6945	-4,149	$3,34 \times 10^{-05}$
<i>3. den – 27. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,5184	-13,789	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	-0,294	-1,856	0,0635

Tabulka 2 Analýza vlivu času na kategorii skrývání u špičanky mokřadní při červnovém pozorování

Den	Odhad df	χ^2	p
1. den – 21. 6. 2009	4,758	52,47	$1,23 \times 10^{-09}$
2. den – 24. 6. 2009	4,595	26,9	0,00011
3. den – 27. 6. 2009	2,976	34,18	$4,81 \times 10^{-07}$



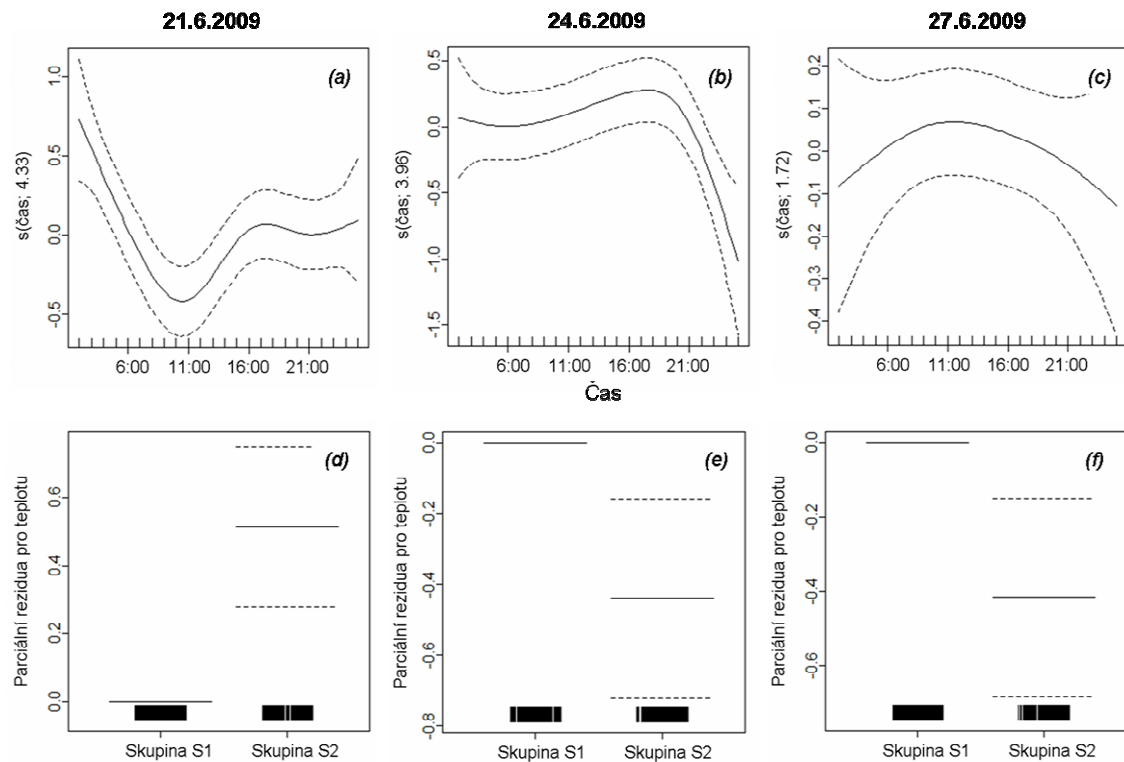
Obrázek 4 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii odpočinek u špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při červnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušované)

Tabulka 3 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii odpočinek u špičanky mokřadní při červnovém pozorování

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>1. den – 21. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,6577	-14,252	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	-0,206	-1,352	0,176
<i>2. den – 24. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,6786	-15,102	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,4627	3,198	0,00138
<i>3. den – 27. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,13056	-11,579	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,66327	5,123	$3,01 \times 10^{-07}$

Tabulka 4 Analýza vlivu času na kategorii odpočinek u špičanky mokřadní při červnovém pozorování

Den	Odhad df	χ^2	p
1. den – 21. 6. 2009	7,327	50,5	$4,44 \times 10^{-08}$
2. den – 24. 6. 2009	3,725	36,1	$5,85 \times 10^{-07}$
3. den – 27. 6. 2009	6,932	8,018	0,000260



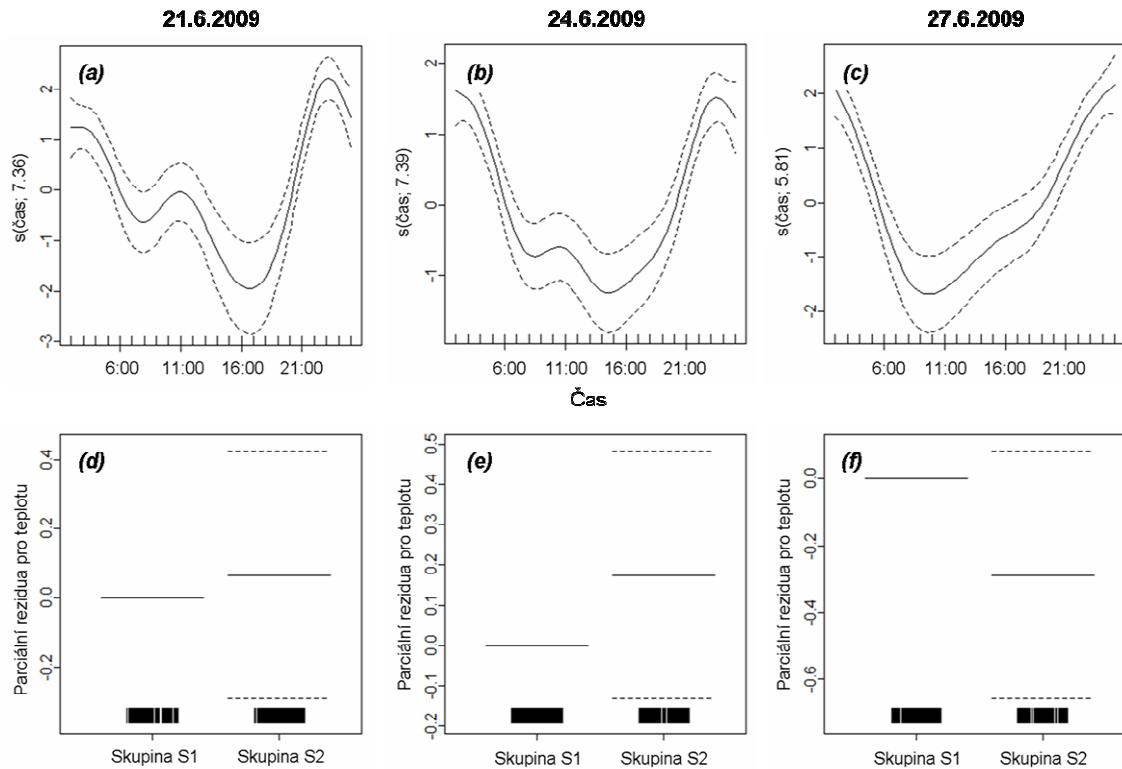
Obrázek 5 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii potrava u špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při červnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 5 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii potrava u špičanky mokřadní při červnovém pozorování

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>1. den – 21. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-0,78266	-9,187	$< 2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,51317	4,358	$1,31 \times 10^{-05}$
<i>2. den – 24. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,13072	-12,027	$< 2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	-0,43918	-3,119	0,00182
<i>3. den – 27. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-0,81194	-9,035	$< 2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	-0,41573	3,115	0,00184

Tabulka 6 Analýza vlivu času na kategorii potrava u špičanky mokřadní při červnovém pozorování

Den	Odhad df	χ^2	p
1. den – 21. 6. 2009	4,332	24,61	0,000224
2. den – 24. 6. 2009	3,955	14,85	0,0102
3. den – 27. 6. 2009	1,717	1,207	0,58



Obrázek 6 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii průzkum u špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při červnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 7 Analýza vlivu teploty (skupina) na kategorii průzkum u špičanky mokřadní při červnovém pozorování

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>1. den – 21. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-2,43340	-15,304	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,06654	0,372	0,71
<i>2. den – 24. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,7491	-14,492	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,1755	1,146	0,252
<i>3. den – 27. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-2,2048	-14,083	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	-0,2879	-1,556	0,120

Tabulka 8 Analýza vlivu času na kategorii průzkum u špičanky mokřadní při červnovém pozorování

Den	Odhad df	χ^2	p
1. den – 21. 6. 2009	7,363	116,3	$<2 \times 10^{-16}$
2. den – 24. 6. 2009	7,387	158,8	$<2 \times 10^{-16}$
3. den – 27. 6. 2009	5,805	141,1	$<2 \times 10^{-16}$

Pozorování srpen

Při druhém pokusu (15.–25.8) bylo během tří pozorovacích dnů získáno celkem 3286 záznamů o chování špičanky mokřadní, z toho 1623 pro skupinu S1 a 1663 pro skupinu S2 (rozdíly v počtu záznamů byly způsobeny úmrtností jedinců). Oproti pokusu provedenému v červnu se lišilo celkové zastoupení jednotlivých kategorií chování. Zatímco v červnu bylo zastoupení jednotlivých kategorií více rovnoměrné, přičemž mírně převládala kategorie potrava, v srpnu převládaly neaktivní kategorie (Obr. 2). Nejčastěji zaznamenávanou kategorií chování byla u obou skupin kategorie skrývání. U skupiny S1 následovaly kategorie potrava, odpočinek, průzkum, čištění, hrabání a monitoring, u skupiny S2 kategorie odpočinek, potrava, průzkum, čištění, hrabání a monitoring. Kategorie páření nebyla zaznamenána ani u jedné skupiny (Příloha 4).

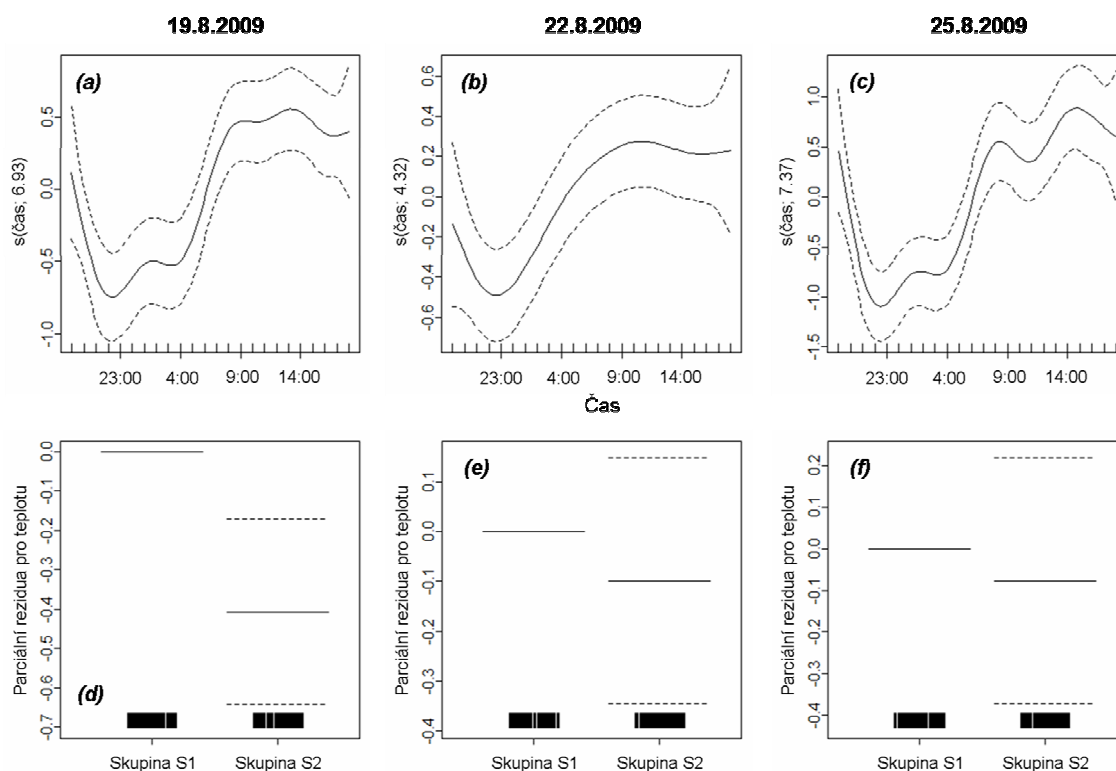
Při analýze zaměřené na jednotlivé dny byly mezi oběma skupinami, shodně jako při červnovém pozorování, zjištěny rozdíly v četnostech u kategorií skrývání, odpočinek a potrava. Pro kategorii **skrývání** (Obr. 7; Tab. 9) byl rozdíl v četnostech prokázán pouze v prvním pozorovacím dni, kdy byla vyšší četnost zaznamenána u skupiny s nižší teplotou (S1). Ve druhém a třetím pozorovacím dni rozdíl prokázán nebyl. Ve všech třech pozorovacích dnech bylo maximum kategorie skrývání zaznamenáno přibližně od 08:00 do 15:00 (Obr. 7; Tab. 10).

Četnosti kategorie **odpočinek** (Obr. 8; Tab. 11) se prokazatelně lišily v prvním a druhém pozorovacím dni. Vyšší četnosti této kategorie byly zaznamenány u skupiny umístěné ve vyšší teplotě (S2). První den byl odpočinek nejvíce zaznamenáván od 09:00 do 17:00. Ve druhém a třetím dni bylo maximum odpočinku těžko rozpoznatelné a odpočinek měl tedy téměř rovnoměrnou distribuci v průběhu celého dne (Obr 8; Tab. 12).

U kategorie **potrava** (Obr. 9; Tab. 13) byl prokázán rozdíl v prvním a druhém pozorovacím dni. V prvním dni byla vyšší četnost této kategorie potvrzena u skupiny umístěné ve vyšší teplotě (S2), zatímco ve druhém pozorovacím dni tomu bylo naopak. Ve třetím pozorovacím dni nebyl rozdíl prokázán. V prvních dvou pozorovacích dnech bylo rozložení potravního chování během dne téměř rovnoměrné, ve třetím dni bylo maximum pozorováno od 22:00 do půlnoci (Obr. 9; Tab. 14).

U kategorie **průzkum** (Obr. 10; Tab. 15) nebyl prokázán rozdíl v četnostech mezi skupinami S1 a S2 ani v jednom z pozorovacích dnů. V prvním pozorovacím dni bylo maximum kategorie průzkum zaznamenáno mezi 23:00 až 04:00. Ve druhém pozorovacím dni byla tato kategorie nejčastěji pozorována mezi 19:00 a 04:00, kolem 09:00 nastal prudký pokles a opětovný nárůst byl zaznamenán v odpoledních hodinách.

Ve třetím pozorovacím dni byl průzkum opět nejčastější v nočních hodinách, tentokrát s pozvolným poklesem četností od ranních hodin k odpoledni (Obr. 10; Tab. 16). Kategorie čištění, hrabání, monitoring a páření nebyly testovány kvůli nízkému počtu záznamů.



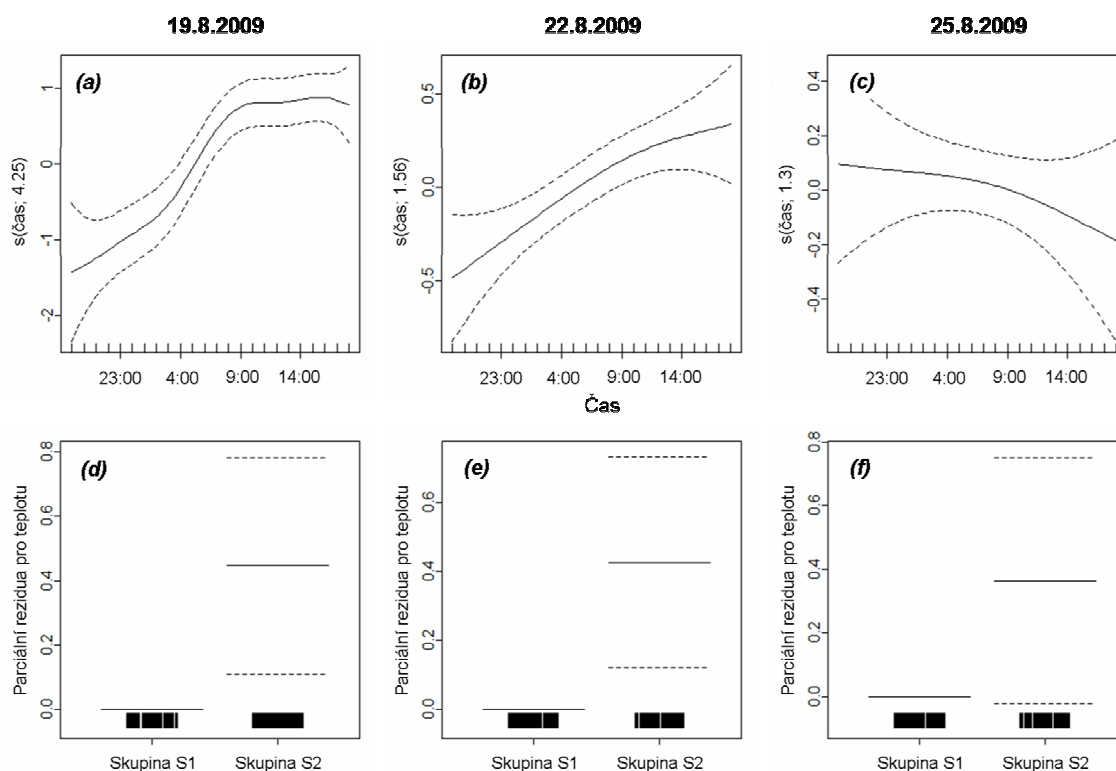
Obrázek 7 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii skrývání u špičanky mokřadní prvým, druhým a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 9 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii skrývání u špičanky mokřadní při srpnovém pozorování

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>1. den – 19. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-0,31029	-3,814	0,000137
S2 (x intercept)	-0,40735	-3,454	0,000552
<i>2. den – 22. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	0,25261	2,876	0,00403
S2 (x intercept)	-0,09828	-0,799	0,42442
<i>3. den – 25. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	0,70898	6,584	$4,59 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	-0,07632	-0,518	0,605

Tabulka 10 Analýza vlivu času na kategorii skrývání u špičanky mokřadní při srpnovém pozorování

Den	Odhad df	χ^2	p
1. den – 19. 8. 2009	6,929	64,6	$5,87 \times 10^{-11}$
2. den – 22. 8. 2009	4,323	22,41	0,000579
3. den – 25. 8. 2009	7,366	88,06	$1,78 \times 10^{-15}$



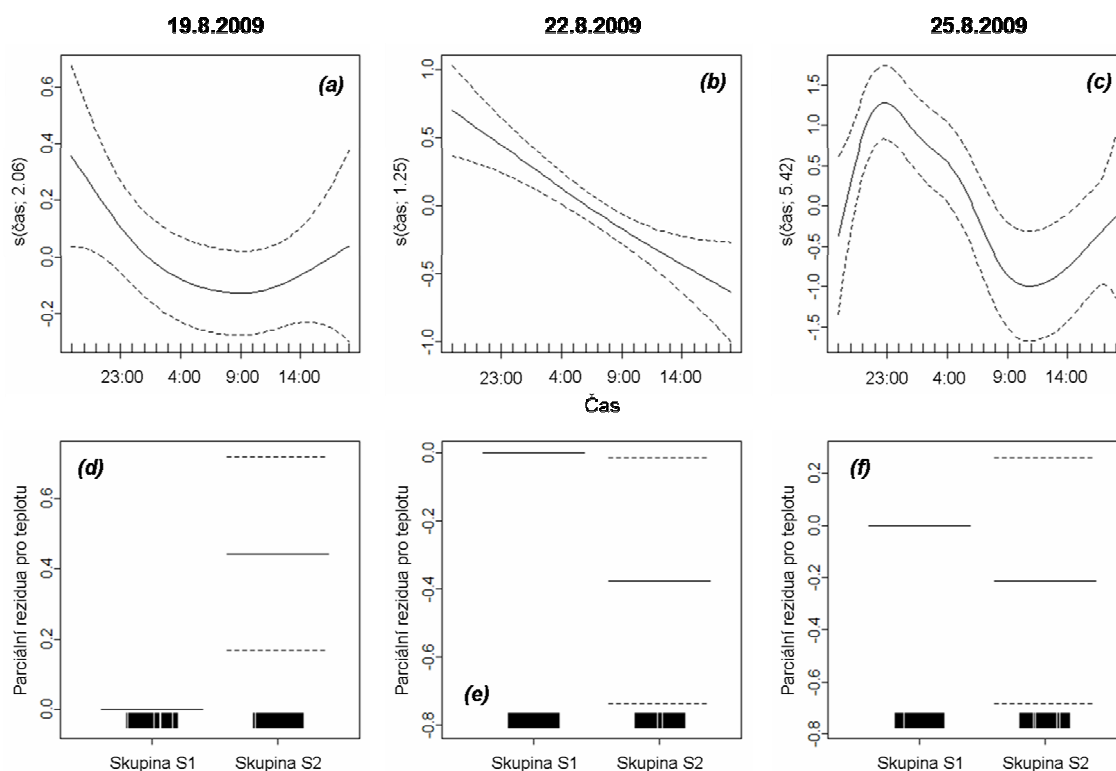
Obrázek 8 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii odpočinek u špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 11 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii odpočinek u špičanky mokřadní při srpnovém pozorování

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>1. den – 19. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-2,3212	-16,445	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,4458	2,638	0,00834
<i>2. den – 22. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,5922	-13,774	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,4274	2,803	0,00507
<i>3. den – 25. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,9699	-13,417	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,3644	1,896	0,058

Tabulka 12 Analýza vlivu času na kategorii odpočinek u špičanky mokřadní při srpnovém pozorování

Den	Odhad df	χ^2	p
1. den – 19. 8. 2009	4,25	61,43	$8,45 \times 10^{-12}$
2. den – 22. 8. 2009	1,555	11,7	0,00261
3. den – 25. 8. 2009	1,298	1,181	0,432



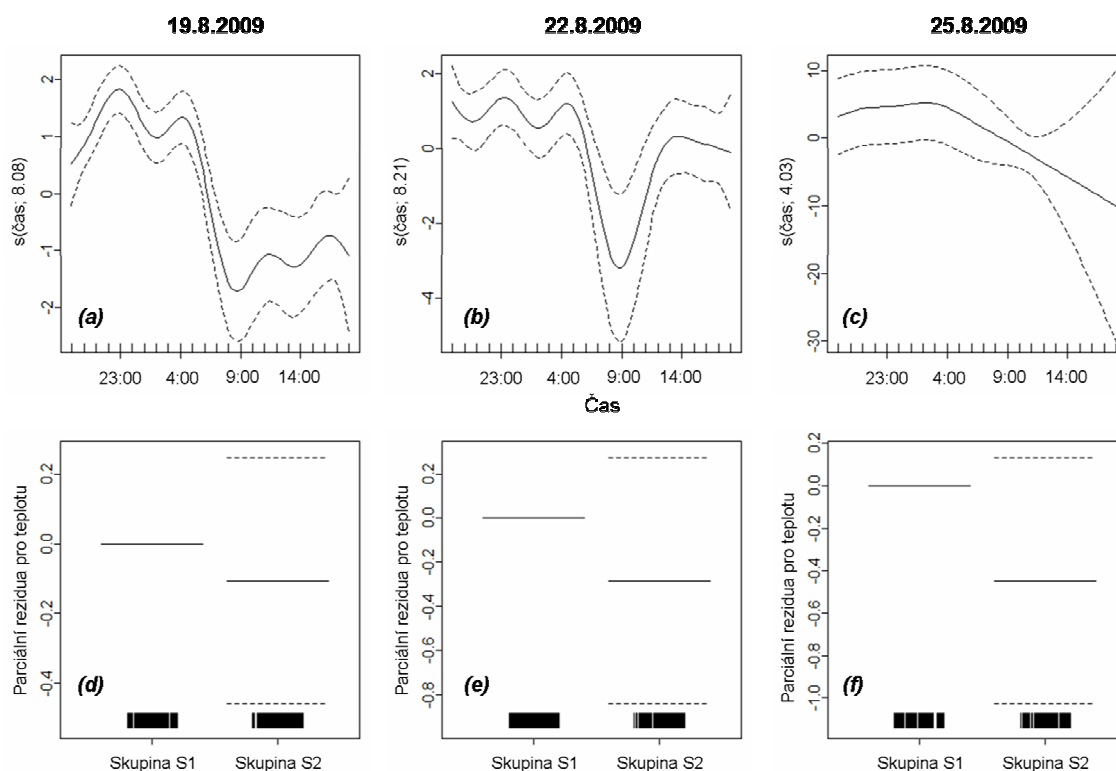
Obrázek 9 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii potrava u špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 13 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii potrava u špičanky mokřadní při srpnovém pozorování

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>1. den – 19. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,5527	-15,067	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,4429	3,223	0,00127
<i>2. den – 22. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,7360	-14,164	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	-0,3756	-2,083	0,0372
<i>3. den – 25. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-2,4071	-13,377	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	-0,2116	-0,899	0,360

Tabulka 14 Analýza vlivu času na kategorii potrava u špičanky mokřadní při srpnovém pozorování

Den	Odhad df	χ^2	p
1. den – 19. 8. 2009	2,065	4,829	0,140
2. den – 22. 8. 2009	1,249	15,85	0,000159
3. den – 25. 8. 2009	5,419	40,18	$7,37 \times 10^{-07}$



Obrázek 10 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii průzkum u špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 15 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii průzkum u špičanky mokřadní při srpnovém pozorování

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>1. den – 19. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-2,3935	-15,353	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	-0,1053	-0,596	0,551
<i>2. den – 22. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-3,2314	-12,242	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	-0,2839	-1,023	0,306
<i>3. den – 25. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-6,1556	-2,259	0,0239
S2 (x intercept)	-0,4469	-1,547	0,1220

Tabulka 16 Analýza vlivu času na kategorii průzkum u špičanky mokřadní při srpnovém pozorování

Den	Odhad df	χ^2	p
1. den – 19. 8. 2009	8,077	97,66	$<2 \times 10^{-16}$
2. den – 22. 8. 2009	8,209	19,62	0,0185
3. den – 25. 8. 2009	4,033	15,11	0,00837

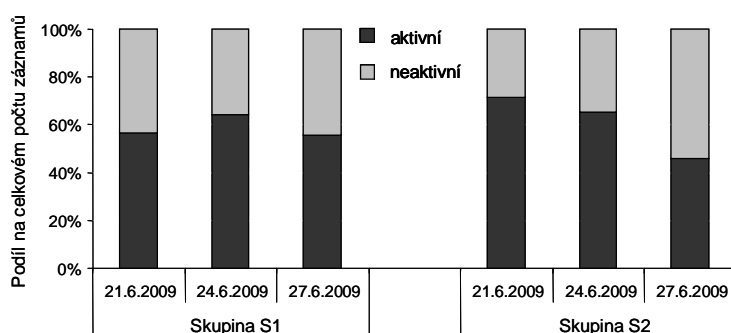
4.2 Vliv zvýšení teploty na aktivitu špičanky mokřadní

Pozorování červen

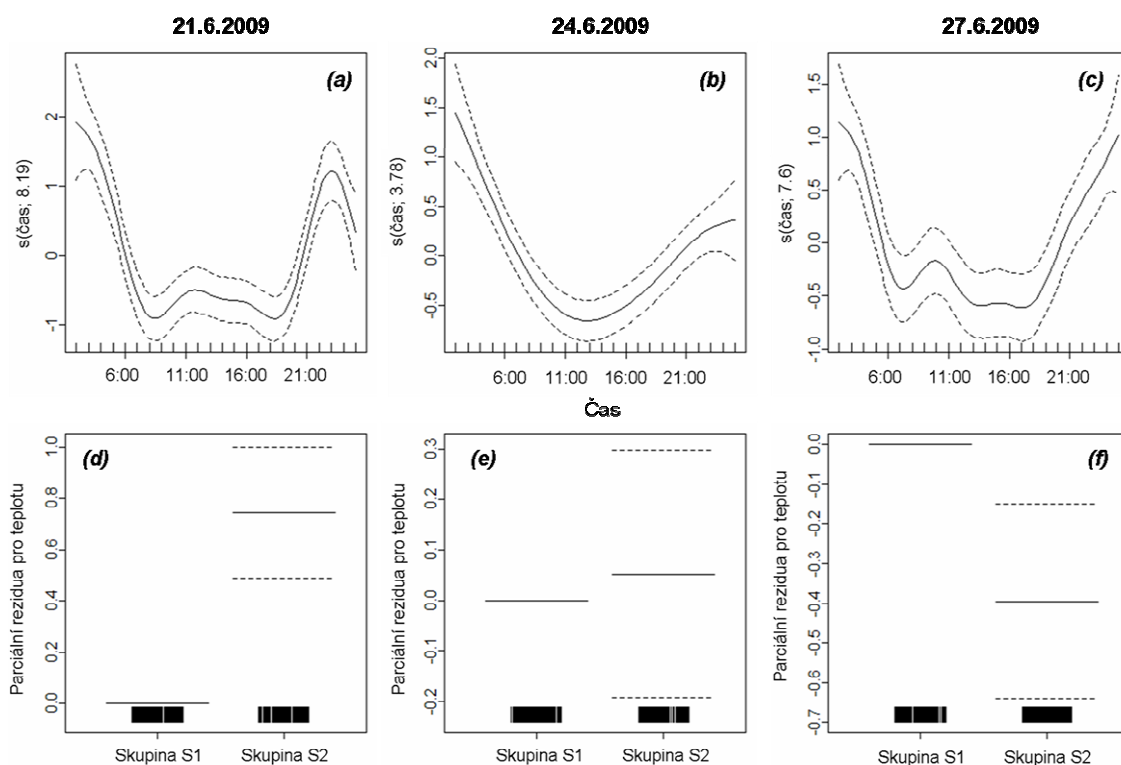
Při červnovém pozorování tvořily záznamy o výskytu aktivních kategorií chování (potrava, průzkum, čištění, hrabání monitoring a páření) 59 % všech záznamů u skupiny S1 a 61 % u skupiny S2. V prvním pozorovacím dni bylo u skupiny S1 celkem zaznamenáno 367 projevů aktivního chování, ve druhém 402 a ve třetím pozorovacím dni 325. U skupiny S2 byla celková četnost aktivit v prvním pozorovacím dni 447, ve druhém pozorovacím dni 409 a ve třetím pozorovacím dni pouze 268. Z výše uvedeného vyplývá, že zatímco u skupiny S1 se ve všech pozorovacích dnech četnost aktivity pohybovala v rozmezí 55–65 %. U skupiny S2 docházelo k pozvolnému poklesu aktivity až pod hranici 50 % oproti neaktivnímu chování (Obr. 11).

Trend poklesu aktivity u skupiny S2 byl zjištěn i pomocí GAM. Skupiny S1 a S2 se lišily v četnostech aktivních kategorií chování v prvním a třetím pozorovacím dni (Obr. 12; Tab. 17). V prvním pozorovacím dni byla vyšší aktivita pozorována u skupiny S2, ve druhém pozorovacím dni nebyl rozdíl v aktivitě průkazný a ve třetím pozorovacím dni byla zaznamenána vyšší aktivita u kontrolní skupiny (S1). Maximum aktivity bylo v GAM nalezeno v prvním a druhém pozorovacím dni kolem 02:00 a ve třetím pozorovacím dni mezi 00:00 a 03:00 (Obr. 12; Tab. 18).

Z analýzy v programu Oriana vyplývá, že rozložení aktivity během dne nebylo uniformní (při $\alpha=0,05$) u žádné skupiny ani v jednom z pozorovacích dní. Nejvíce se blížilo uniformnímu rozdělení v druhém pozorovacím dni u skupiny S1. Koncentrace dat kolem průměrné hodnoty však byla u obou skupin celkově velmi slabá a konfidenční intervaly jsou proto nespolehlivé (Tab. 19). Aktivita byla ve všech pozorovacích dnech (u obou skupin) více soustředěna v nočních hodinách nejvíce mezi 23:00 až 04:00. Ale i ve světelné fázi dne byla často zaznamenávána poměrně vysoká aktivita (Obr. 13; Tab. 19).



Obrázek 11 Zastoupení aktivních a neaktivních kategorií chování u špičanky mokřadní při červnovém pozorování



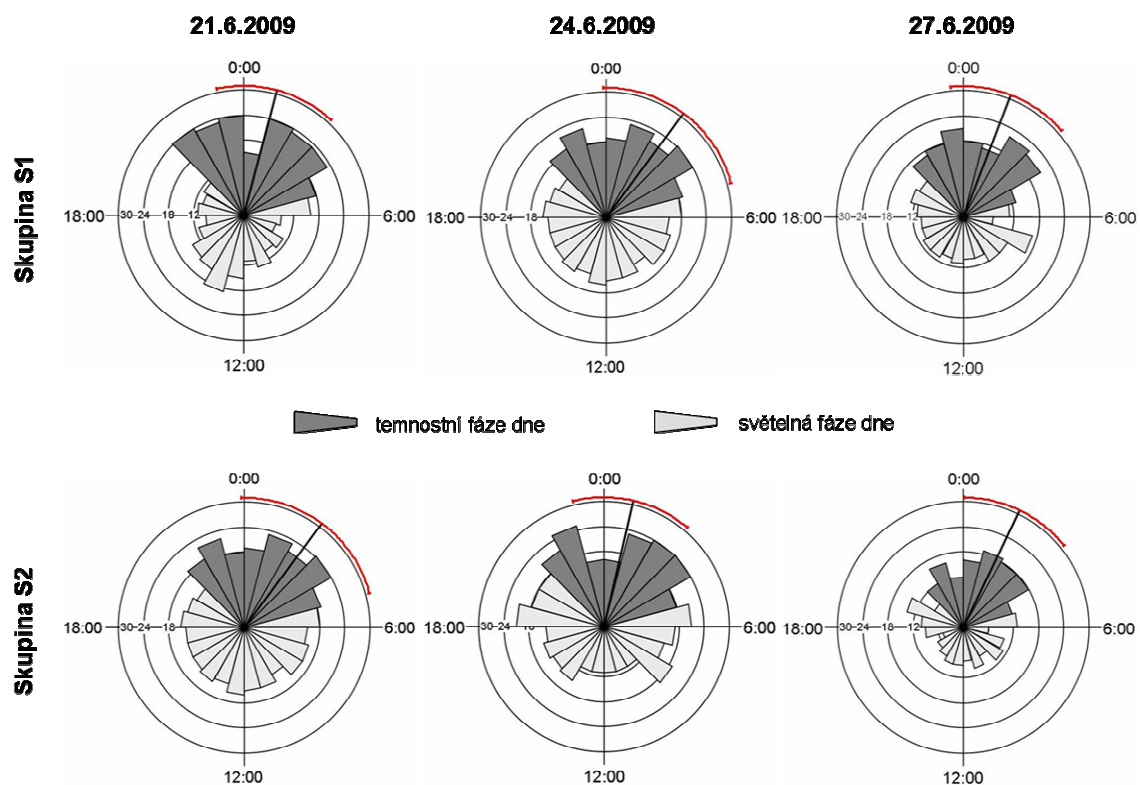
Obrázek 12 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na aktivitu špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při červnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 17 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na aktivitu špičanky mokřadní při červnovém pozorování

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>1. den – 21. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	0,3346	3,819	0,000134
S2 (x intercept)	0,744	5,860	4,64x10 ⁻⁰⁹
<i>2. den – 24. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	0,6468	7,411	1,25x10 ⁻¹³
S2 (x intercept)	0,05231	0,428	0,669
<i>3. den – 27. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	0,25935	2,984	0,00285
S2 (x intercept)	-0,39558	-3,238	0,0012

Tabulka 18 Analýza vlivu času na aktivitu špičanky mokřadní při červnovém pozorování

Den	Odhad df	χ^2	p
1. den – 21. 6. 2009	8,192	135,8	<2x10 ⁻¹⁶
2. den – 24. 6. 2009	3,778	69,67	7,57x10 ⁻¹⁴
3. den – 27. 6. 2009	7,597	83,92	1,48x10 ⁻¹⁴



Obrázek 13 Rozložení aktivity špičanky mokřadní v průběhu tří pozorovacích dní při červnovém pozorování (červeně vyznačený konfidenční interval je nespolehlivý)

Tabulka 19 Analýza rozložení aktivity špičanky mokřadní v průběhu tří pozorovacích dní při červnovém pozorování (červeně zvýrazněný konfidenční interval je nespolehlivý)

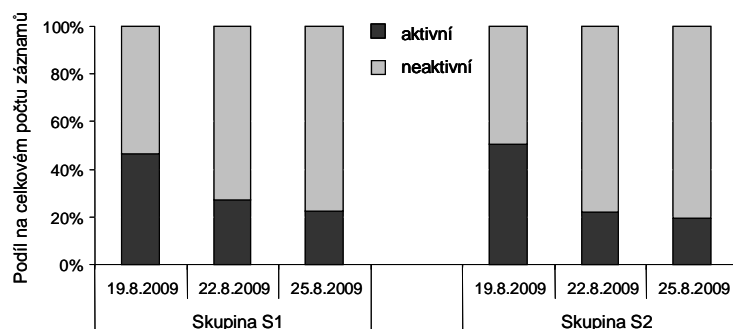
Skupina	Vektor průměru (μ)	Konf. interval (95%)	Délka vektoru (r)	Rayleigh. test (z)	Rayleigh. test (p)
<i>1. den – 21. 6. 2009</i>					
S1	01:01	23:11 – 02:50	0,151	8,325	$2,42 \times 10^{-4}$
S2	01:39	00:08 – 03:10	0,164	11,993	$6,19 \times 10^{-6}$
<i>2. den – 24. 6. 2009</i>					
S1	02:26	23:55 – 04:58	0,104	4,384	0,012
S2	00:52	23:04 – 02:40	0,145	8,571	$1,89 \times 10^{-4}$
<i>3. den – 27. 6. 2009</i>					
S1	01:25	23:37 – 03:14	0,162	8,48	$2,08 \times 10^{-4}$
S2	01:42	00:01 – 03:24	0,19	9,634	$6,55 \times 10^{-5}$

Pozorování srpen

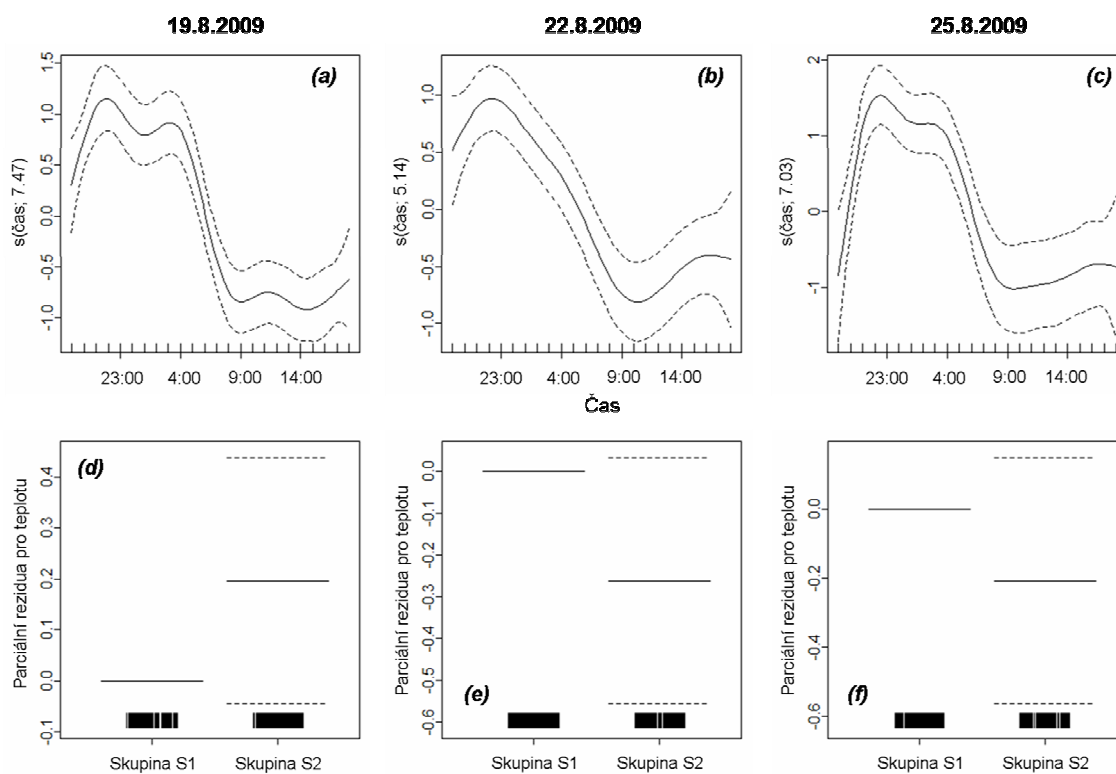
Záznamy o výskytu aktivních kategorií chování (potrava, průzkum, čištění, hrabání, monitoring a páření) tvořily při srpnovém pozorování shodně u obou skupin 33% všech záznamů. V prvním pozorovacím dni byla u skupiny S1 celková početnost záznamů o aktivním chování 302, ve druhém dni 144 a ve třetím pozorovacím dni 96. U skupiny S2 byla celková četnost aktivity v prvním pozorovacím dni 327, ve druhém pozorovacím dni 122 a ve třetím pozorovacím dni již pouze 91. U obou skupin tedy docházelo k pozvolnému poklesu aktivity v průběhu pozorování, přičemž u skupiny S2 se tento pokles zdál ještě o něco výraznější než u skupiny S1 (Obr. 14).

Analýza pomocí GAM nepotvrdila rozdíly v četnostech aktivit mezi skupinami S1 a S2 ani v jednom z pozorovacích dní (Obr. 15; Tab. 20). Nejvyšší koncentrace aktivity byla v GAM nalezena v prvním pozorovacím dni mezi 22:00 a 04:00 s naprostými maximy právě ve 22:00 a 04:00, ve druhém pozorovacím dni bylo maximum nalezeno kolem 22:00 a ve třetím pozorovacím dni opět mezi 22:00 a 04:00 (Obr. 15; Tab. 21).

Z analýzy v programu Oriana vyplývá, že rozložení aktivity během dne nebylo uniformní (při $\alpha=0,05$) u žádné skupiny ani v jednom z pozorovacích dní (Obr. 16; Tab. 22). Aktivita byla ve všech pozorovacích dnech (u obou skupin) koncentrována v nočních hodinách přibližně mezi 22:00 až 05:00 (± 1 hodina). Vektor průměru se nacházel mezi 00:00 a 01:10. Výjimku tvořil pouze druhý pozorovací den, kdy byla maximální koncentrace aktivity u skupiny S2 zaznamenána o něco dříve než v jiných dnech a vektor průměru směřoval k 22:56. Koncentrace aktivity kolem průměrné hodnoty byla u obou skupin nejvýraznější třetí pozorovací den (Tab. 22).



Obrázek 14 Zastoupení aktivních a neaktivních kategorií chování u špičanky mokřadní při srpnovém pozorování



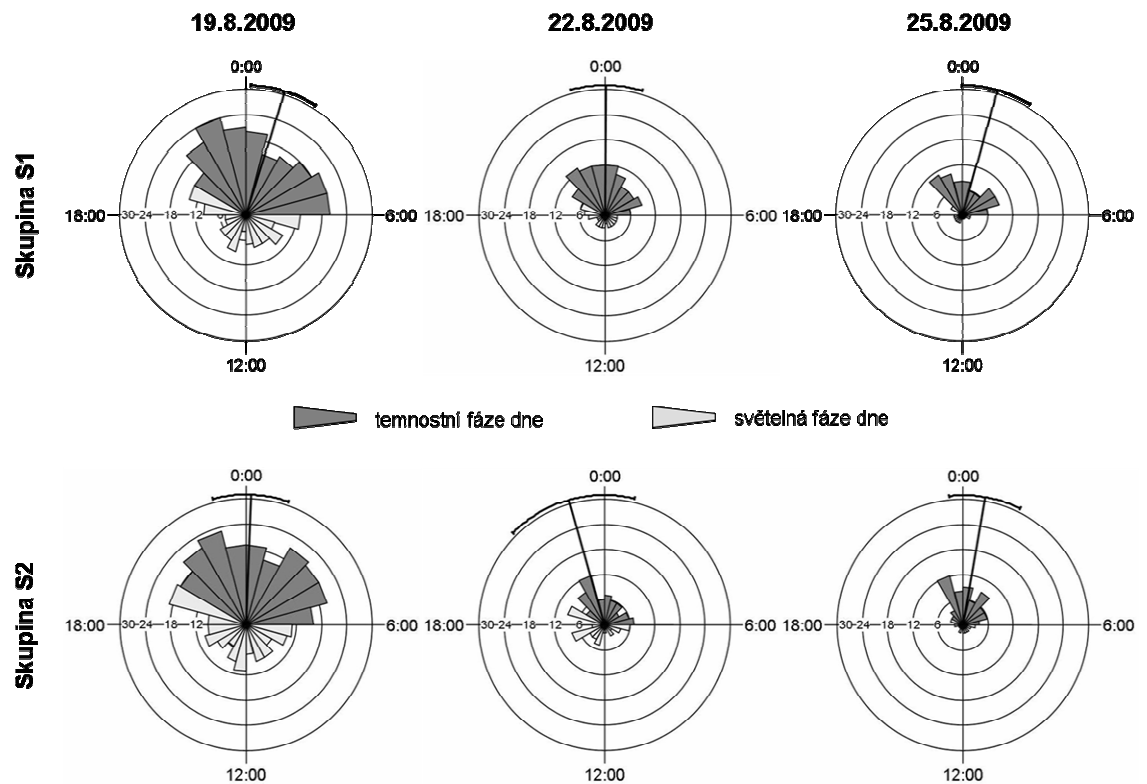
Obrázek 15 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na aktivitu špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 20 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na aktivitu špičanky mokřadní při srpnovém pozorování

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>1. den – 19. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-0,18112	-2,135	0,0327
S2 (x intercept)	0,19653	1,638	0,1015
<i>2. den – 22. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,1064	-10,663	<2x10 ⁻¹⁶
S2 (x intercept)	-0,2612	-1,781	0,075
<i>3. den – 25. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,5022	-11,178	<2x10 ⁻¹⁶
S2 (x intercept)	-0,2074	-1,168	0,243

Tabulka 21 Analýza vlivu času na aktivitu špičanky mokřadní při srpnovém pozorování

Den	Odhad df	χ^2	p
1. den – 19. 8. 2009	7,469	176,8	<2x10 ⁻¹⁶
2. den – 22. 8. 2009	5,139	73,7	9,84x10 ⁻¹⁴
3. den – 25. 8. 2009	7,028	109,7	<2x10 ⁻¹⁶



Obrázek 16 Rozložení aktivity špičanky mokřadní v průběhu tří pozorovacích dní při srpnovém pozorování

Tabulka 22 Analýza rozložení aktivity špičanky mokřadní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování

Skupina	Vektor průměru (μ)	Konf. interval (95%)	Délka vektoru (r)	Rayleigh. test (z)	Rayleigh.test (p)
<i>1. den – 19. 8. 2009</i>					
S1	01:08	00:08 – 02:09	0,296	26,5	$3,1 \times 10^{-12}$
S2	00:08	23:00 – 01:16	0,254	21,081	$6,99 \times 10^{-10}$
<i>2. den – 22. 8. 2009</i>					
S1	00:02	22:58 – 01:06	0,397	22,709	$1,37 \times 10^{-10}$
S2	22:56	20:59 – 00:53	0,243	7,206	$7,42 \times 10^{-4}$
<i>3. den – 25. 8. 2009</i>					
S1	01:02	23:59 – 02:05	0,482	22,339	$1,99 \times 10^{-10}$
S2	00:40	23:35 – 01:44	0,482	21,141	$6,58 \times 10^{-10}$

4.3 Vliv zvýšení teploty na chování oblanky sídelní

Pozorování červen

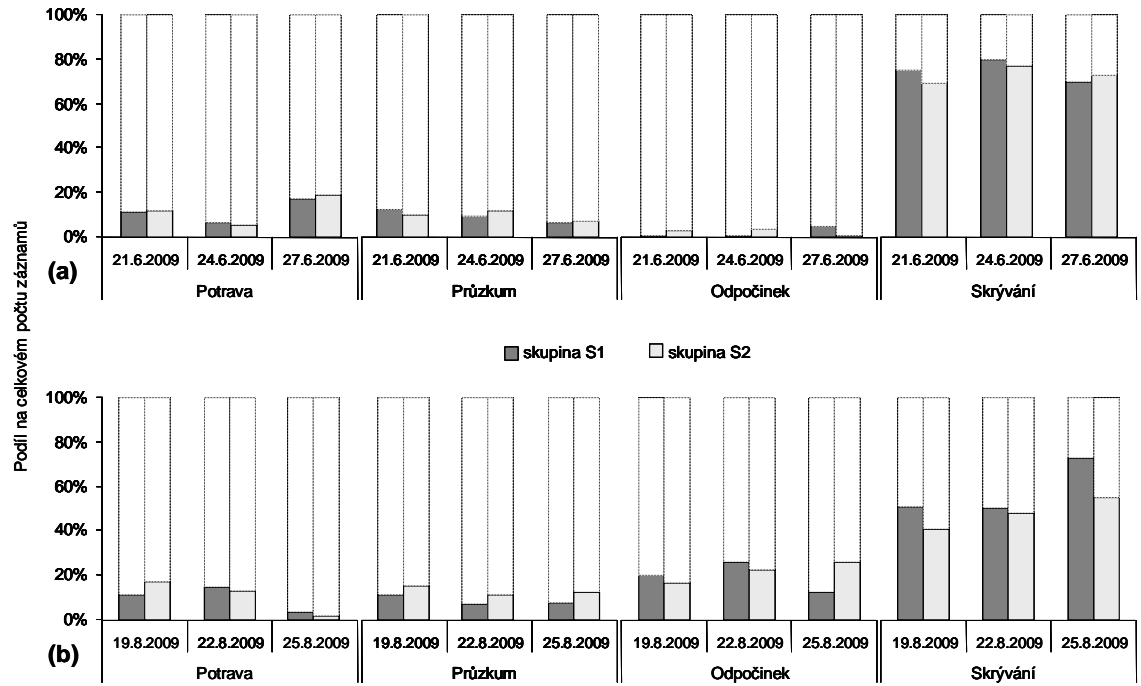
Při prvním pokusu (18.–28.6) bylo během tří pozorovacích dnů získáno celkem 4008 záznamů o chování oblanky sídelní, z toho 2016 pro skupinu S1 a 1992 pro skupinu S2 (rozdíly v počtu záznamů byly způsobeny úmrtností jedinců). U obou skupin byla nejčastěji zaznamenávanou kategorií kategorie skrývání (Obr. 17) Druhou nejčastější kategorií byla u obou skupin potrava a třetí průzkum. U skupiny S1 následovaly kategorie odpočinek, hrabání, čištění, monitoring a páření. U skupiny S2 byla čtvrtou nejčastější kategorií kategorie hrabání a poté odpočinek, čištění, páření a monitoring (Příloha 4).

Při podrobnější analýze zaměřené na jednotlivé dny byly zjištěny rozdíly v četnostech mezi oběma skupinami u kategorií skrývání a odpočinek. U kategorie **skrývání** byl rozdíl v četnostech prokázán pouze v prvním pozorovacím dni, kdy se více skrývali jedinci z kontrolní skupiny (S1) umístění v chladnějším prostředí (Obr. 18; Tab. 23). Skrývání se v průběhu všech tří pozorovacích dnů objevovalo nejvíce mezi 13:00 a 19:00 (Obr. 18; Tab. 24).

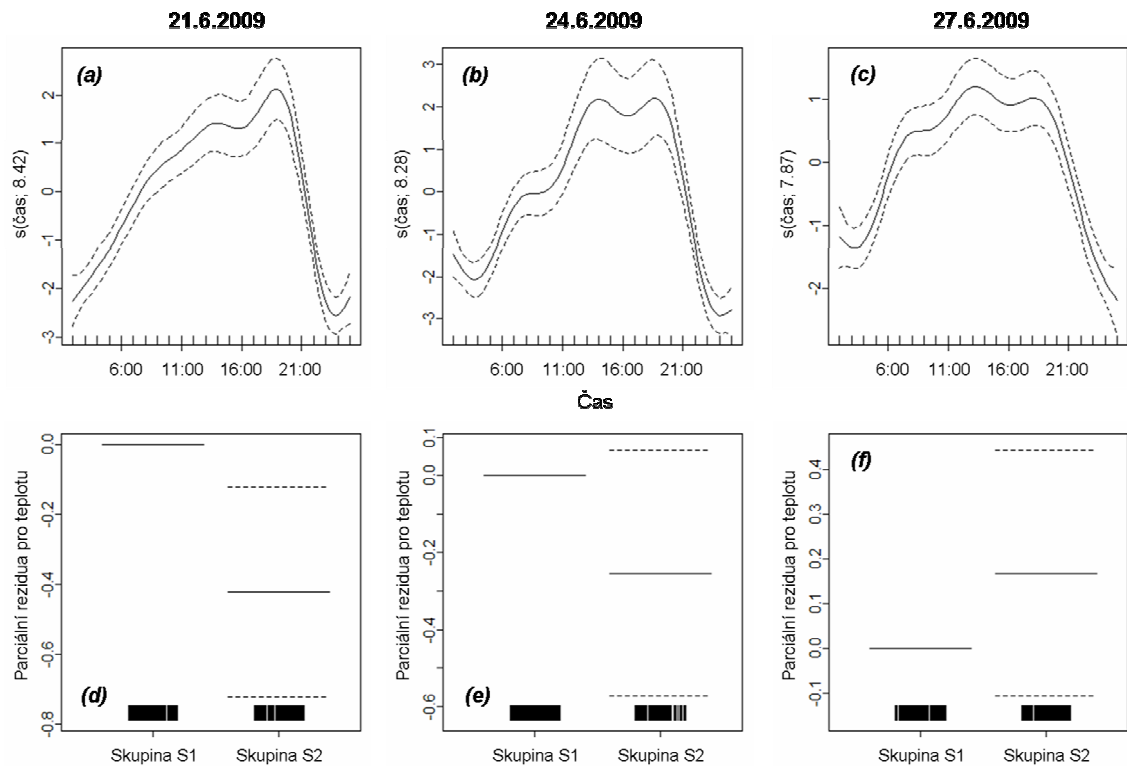
Četnosti kategorie **odpočinek** se mezi oběma skupinami lišily ve všech třech pozorovacích dnech (Obr. 19; Tab. 25). V prvním a druhém pozorovacím dni více odpočívali jedinci ze skupiny S2, ve třetím pozorovacím dni tomu bylo naopak. Kategorie odpočinek byla u oblanky sídelní při červnovém pozorování zaznamenána pouze ojediněle a určení denního maxima není tedy zcela jednoznačné (Obr. 19; Tab. 26).

U kategorie **potrava** nebyl prokázán rozdíl v četnostech mezi skupinami S1 a S2 ani v jednom z pozorovacích dní (Obr. 20; Tab. 27). Maximum potravního chování bylo v prvním a třetím pozorovacím dni zaznamenáno mezi půlnocí a 04:00. Ve druhém pozorovacím dni bylo maximum přibližně od půlnoci do 05:00 (Obr. 20; Tab. 28).

Rozdíly v četnostech nebyly prokázány ani u kategorie **průzkum** (Obr. 21; Tab. 29). Tato kategorie nevykazovala v průběhu dne příliš výrazná maxima, i když mírný nárůst byl zaznamenán v nočních hodinách. Ve všech třech pozorovacích dnech se však objevil zřetelný pokles. V odpoledních hodinách přibližně mezi 14:00 a 17:00 (Obr. 21; Tab. 30). Kategorie čištění, hrabání, monitoru a páření nebyly analyzovány z důvodu nízkého počtu záznamů.



Obrázek 17 Zastoupení čtyř hlavních kategorií chování oblanky sídelní při červnovém (a) a srpnovém (b) pozorování



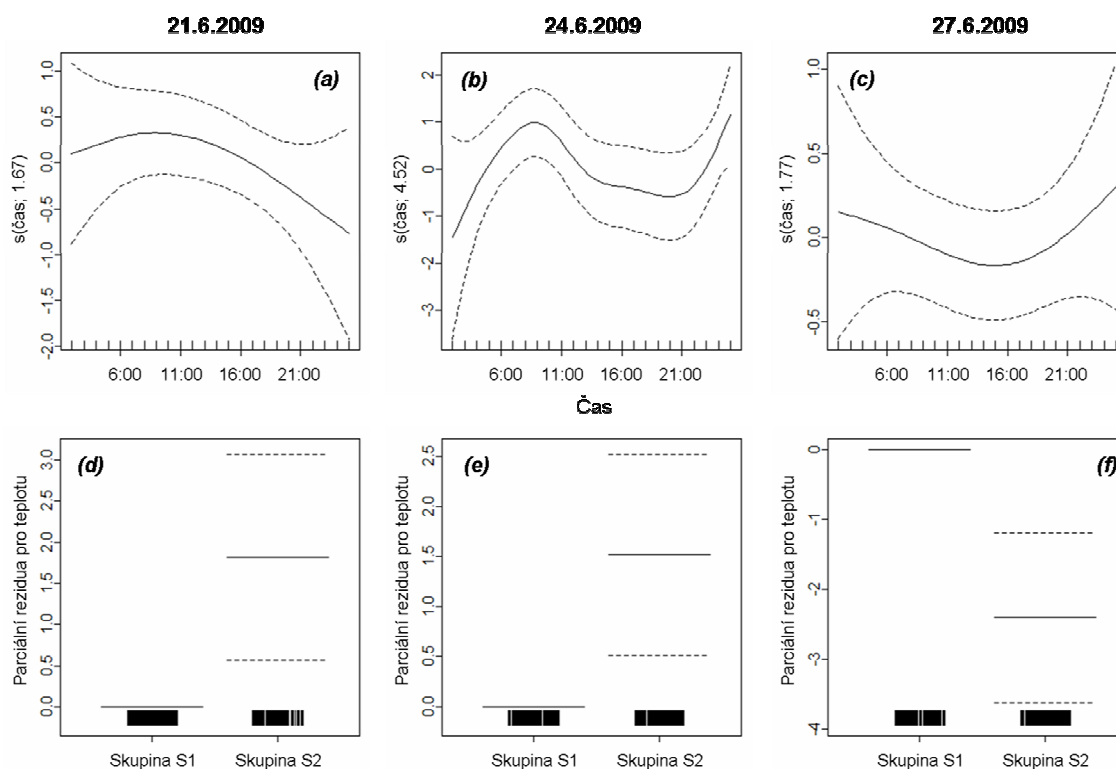
Obrázek 18 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii skrývání u oblanky sídelní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při červnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 23 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii skrývání u oblanky sídelní při červnovém pozorování

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>1. den – 21. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	1,6064	13,094	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	-0,4209	-2,809	0,00497
<i>2. den – 24. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	2,1324	13,737	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	-0,2533	-1,588	0,112
<i>3. den – 27. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	1,0164	10,381	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,1692	1,235	0,217

Tabulka 24 Analýza vlivu času na kategorii skrývání u oblanky sídelní při červnovém pozorování

Den	Odhad df	χ^2	p
1. den – 21. 6. 2009	8,416	320,4	$<2 \times 10^{-16}$
2. den – 24. 6. 2009	8,278	256,5	$<2 \times 10^{-16}$
3. den – 27. 6. 2009	7,871	234,6	$<2 \times 10^{-16}$



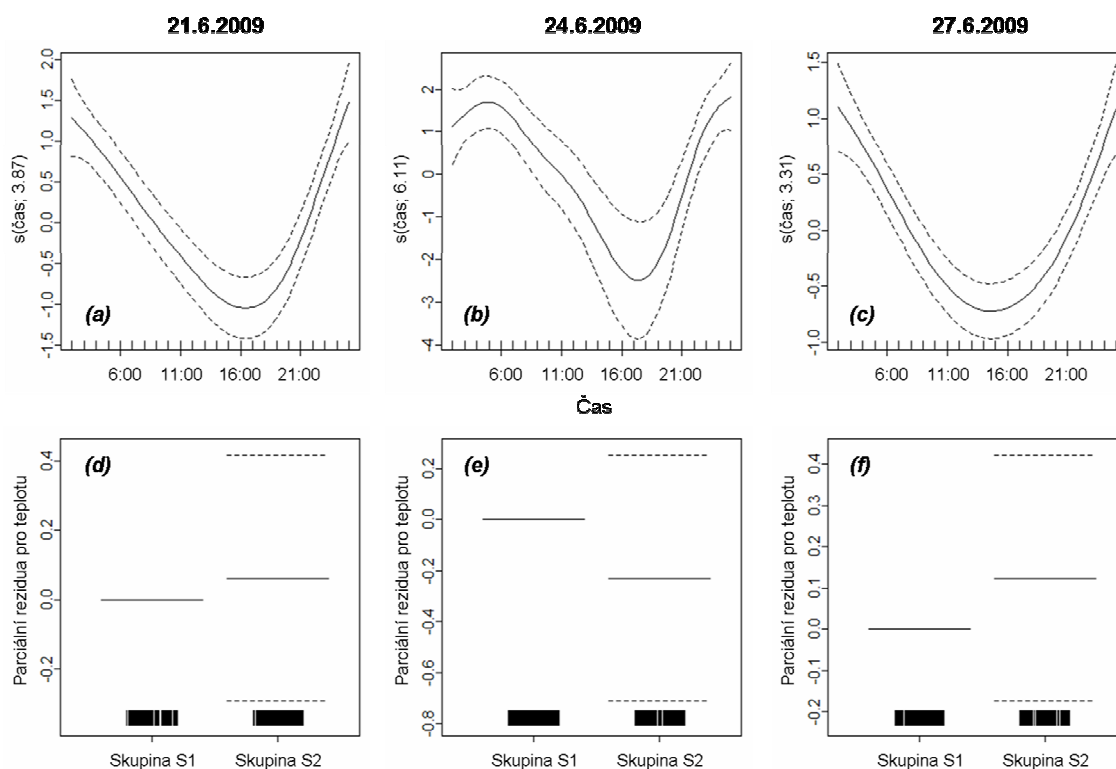
Obrázek 19 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii odpočinek u oblanek sídelní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při červnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 25 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii odpočinek u oblanek sídelní při červnovém pozorování

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>1. den – 21. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-5,4579	-9,367	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	1,8163	2,900	0,00373
<i>2. den – 24. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-5,0960	-10,935	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	1,5181	3,038	0,00239
<i>3. den – 27. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-2,9713	-16,581	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	-2,4081	-3,976	$7,01 \times 10^{-05}$

Tabulka 26 Analýza vlivu času na kategorii odpočinek u oblanek sídelní při červnovém pozorování

Den	Odhad df	χ^2	p
1. den – 21. 6. 2009	1,671	2,047	0,377
2. den – 24. 6. 2009	4,52	10,73	0,0773
3. den – 27. 6. 2009	1,771	1,408	0,543



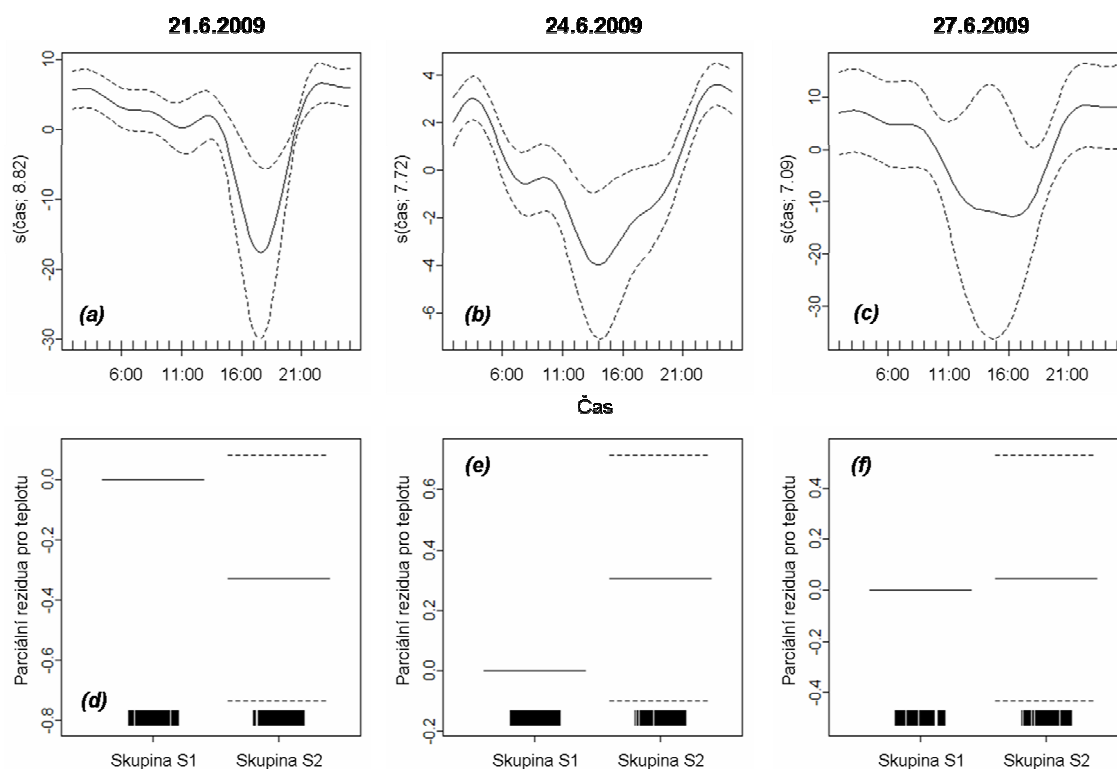
Obrázek 20 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii potrava u oblanky sídelní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při červnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 27 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii potrava u oblanky sídelní při červnovém pozorování

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>1. den – 21. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-2,30681	-16,745	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,06207	0,352	0,725
<i>2. den – 24. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-3,3842	-13,130	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	-0,2299	-0,956	0,339
<i>3. den – 27. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,71	-15,618	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,1238	0,835	0,404

Tabulka 28 Analýza vlivu času na kategorii potrava u oblanky sídelní při červnovém pozorování

Den	Odhad df	χ^2	p
1. den – 21. 6. 2009	3,872	74,82	$7,15 \times 10^{-15}$
2. den – 24. 6. 2009	6,111	42,11	$5,81 \times 10^{-07}$
3. den – 27. 6. 2009	3,313	72,25	$8,86 \times 10^{-15}$



Obrázek 21 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii průzkum u oblanky sídelní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při červnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 29 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii průzkum u oblanky sídelní při červnovém pozorování

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>1. den – 21. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-6,4198	-4,767	$1,87 \times 10^{-06}$
S2 (x intercept)	-0,3284	-1,615	0,106
<i>2. den – 24. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-3,9488	-9,364	$< 2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,3069	1,512	0,131
<i>3. den – 27. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-9,19893	-2,312	0,0208
S2 (x intercept)	0,4696	0,196	0,8446

Tabulka 30 Analýza vlivu času na kategorii průzkum u oblanky sídelní při červnovém pozorování

Den	Odhad df	χ^2	p
1. den – 21. 6. 2009	8,82	100,6	$< 2 \times 10^{-16}$
2. den – 24. 6. 2009	7,718	109,3	$< 2 \times 10^{-16}$
3. den – 27. 6. 2009	7,086	42,23	$7,96 \times 10^{-07}$

Pozorování srpen

Při druhém pokusu (15.–25.8) bylo během tří pozorovacích dnů získáno celkem 3610 záznamů o chování oblanky sídelní, z toho 1786 pro kontrolní skupinu S1 a 1824 pro skupinu S2 (rozdíly v počtu záznamů byly způsobeny úmrtností jedinců). Oproti pokusu provedenému v červnu se lišilo celkové zastoupení jednotlivých kategorií chování. Rozdíl byl patrný především u kategorie odpočinek (Obr. 17). U obou skupin byly nejčastěji zaznamenávány kategorie skrývání a odpočinek. Třetí nejčastější kategorií byla u skupiny S1 potrava, čtvrtou průzkum. U skupiny S2 byl třetí nejčastější kategorií průzkum a čtvrtou potrava. U obou skupin pak shodně následovali kategorie čištění a hrabání, u skupiny S1 ještě páření. Monitoring nebyl zaznamenán ani u jedné skupiny (Příloha 4).

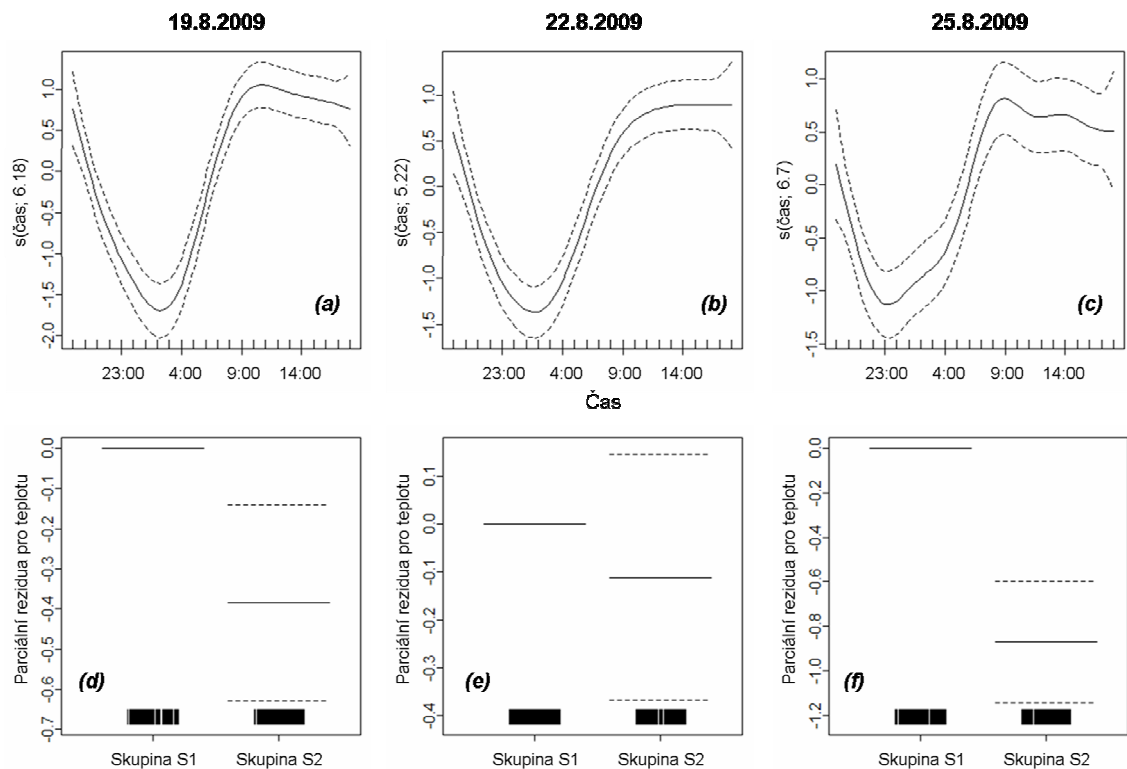
Při podrobnější analýze zaměřené na jednotlivé dny, byly mezi oběma skupinami zjištěny rozdíly v četnostech všech čtyř analyzovaných kategorií. Obě pozorované skupiny se lišily četnostech kategorie **skrývání** a to v prvním a třetím pozorovacím dni, kdy se více skrývali jedinci kontrolní skupiny S1 (Obr. 22; Tab. 31). Ve všech třech pozorovacích dnech se skrývání vyskytovalo nejvíce mezi 09:00 a 18:00 s naprostým maximem právě kolem 09:00 (Obr. 22; Tab. 32).

Rovněž u kategorie **odpočinek** byl zaznamenán rozdíl mezi oběma skupinami v prvním a třetím pozorovacím dni. V prvním pozorovacím dni více odpočívali jedinci ze skupiny S1 ve třetím pozorovacím dni jedinci skupiny S2 (Obr. 23; Tab. 33). V prvním pozorovacím dni bylo maximum odpočinku v 19:00 a 10:00. Ve druhém pozorovacím dni byl odpočinek rovnoměrně rozložen v průběhu celého dne a maximum nebylo možné určit. Ve třetím pozorovacím dni nebyl vliv času na rozložení odpočinku v průběhu dne příliš výrazný, ale i přesto byl odpočinek o něco více frekventovaný ve světelné fázi dne (Obr. 23; Tab. 34).

U kategorie **potrava** byl rozdíl zaznamenán v prvním a třetím pozorovacím dni. V prvním pozorovacím dni se potravní chování více objevovalo u skupiny S2, ve třetím pozorovacím dni u kontrolní skupiny (S1) (Obr. 24; Tab. 35). V prvním dni bylo maximum potravního chování zaznamenáno mezi 22:00 a 05:00, ve druhém pozorovacím dni mezi 22:00 a 03:00 a ve třetím dni mezi 22:00 a 02:00 (Obr. 24; Tab. 36).

Četnosti kategorie **průzkum** se mezi skupinami S1 a S2 lišily ve všech třech pozorovacích dnech. Ve všech pozorovacích dnech byl průzkum častější u skupiny S2 (Obr. 25; Tab. 37). Ve všech pozorovacích dnech bylo zaznamenáno maximum

kategorie průzkum přibližně od 22:00 do 04:00 (Obr. 25; Tab. 38). Kategorie čištění, hrabání, monitoru a páření nebyly analyzovány z důvodu nízkého počtu záznamů.



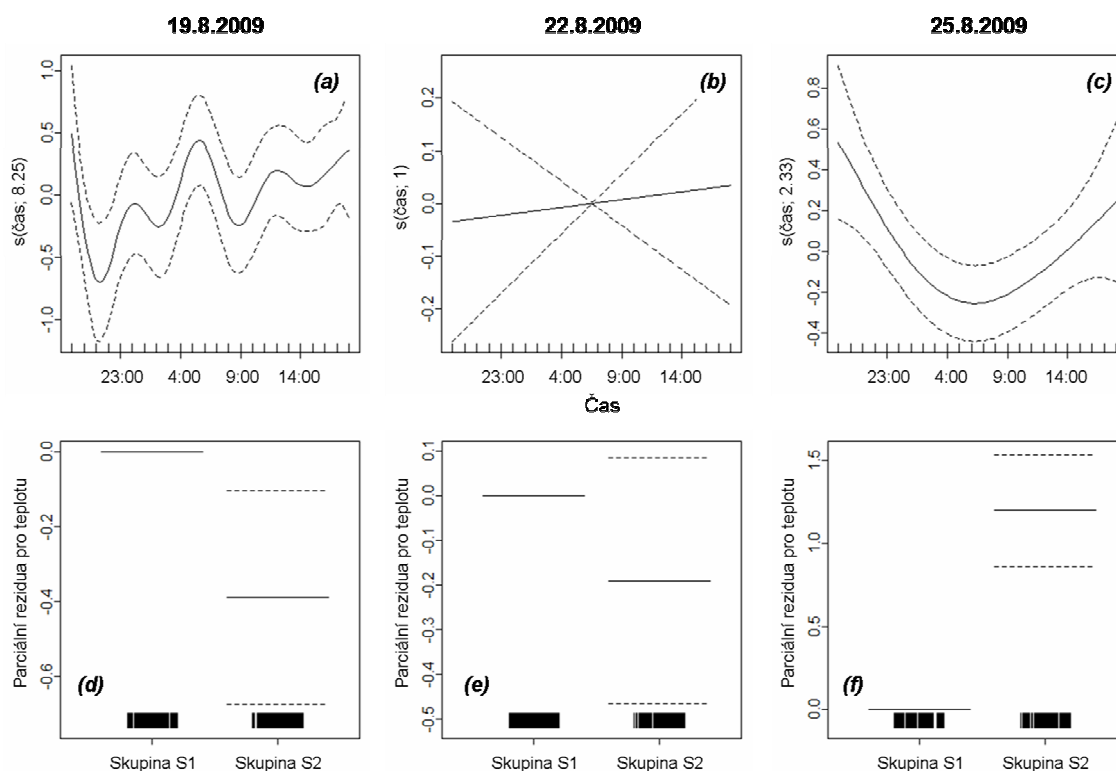
Obrázek 22 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii skrývání u oblanky sídelní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 31 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii skrývání u oblanky sídelní při srpnovém pozorování

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>1. den – 19. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-0,11174	-1,287	0,19796
S2 (x intercept)	-0,38472	-3,149	0,00164
<i>2. den – 22. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	0,00113	0,013	0,99
S2 (x intercept)	-0,11028	-0,862	0,389
<i>3. den – 25. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	1,0797	10,362	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	-0,8710	-6,374	$1,85 \times 10^{-10}$

Tabulka 32 Analýza vlivu času na kategorii skrývání u oblanky sídelní při srpnovém pozorování

Den	Odhad df	χ^2	p
1. den – 19. 8. 2009	6,184	220	$<2 \times 10^{-16}$
2. den – 22. 8. 2009	5,216	168,1	$<2 \times 10^{-16}$
3. den – 25. 8. 2009	6,703	111,4	$<2 \times 10^{-16}$



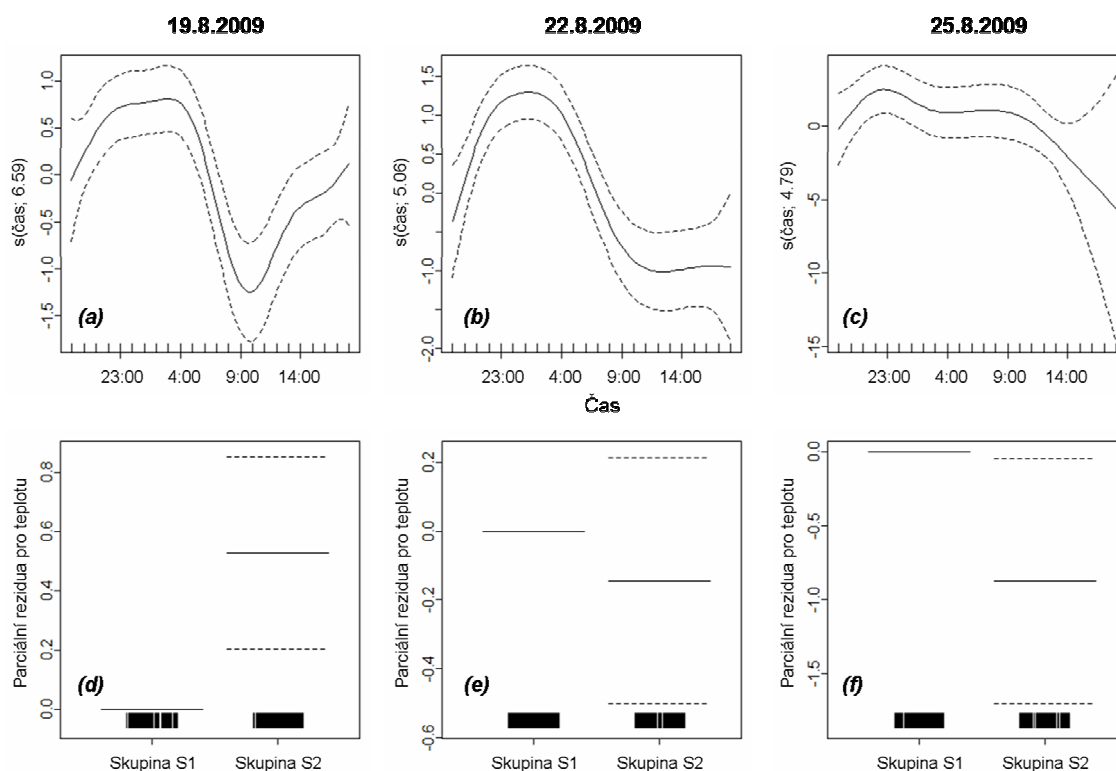
Obrázek 23 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii odpočinek u oblatky sídelní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 33 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii odpočinek u oblatky sídelní při srpnovém pozorování

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>1. den – 19. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,31509	-13,822	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	-0,38936	-2,737	0,0062
<i>2. den – 22. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,04203	-11,045	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	-0,19088	-1,391	0,164
<i>3. den – 25. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-2,1211	-15,139	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	1,1983	7,149	$8,75 \times 10^{-13}$

Tabulka 34 Analýza vlivu času na kategorii odpočinek u oblatky sídelní při srpnovém pozorování

Den	Odhad df	χ^2	p
1. den – 19. 8. 2009	8,251	16,27	0,0574
2. den – 22. 8. 2009	1	0,091	0,763
3. den – 25. 8. 2009	2,329	10,1	0,0168



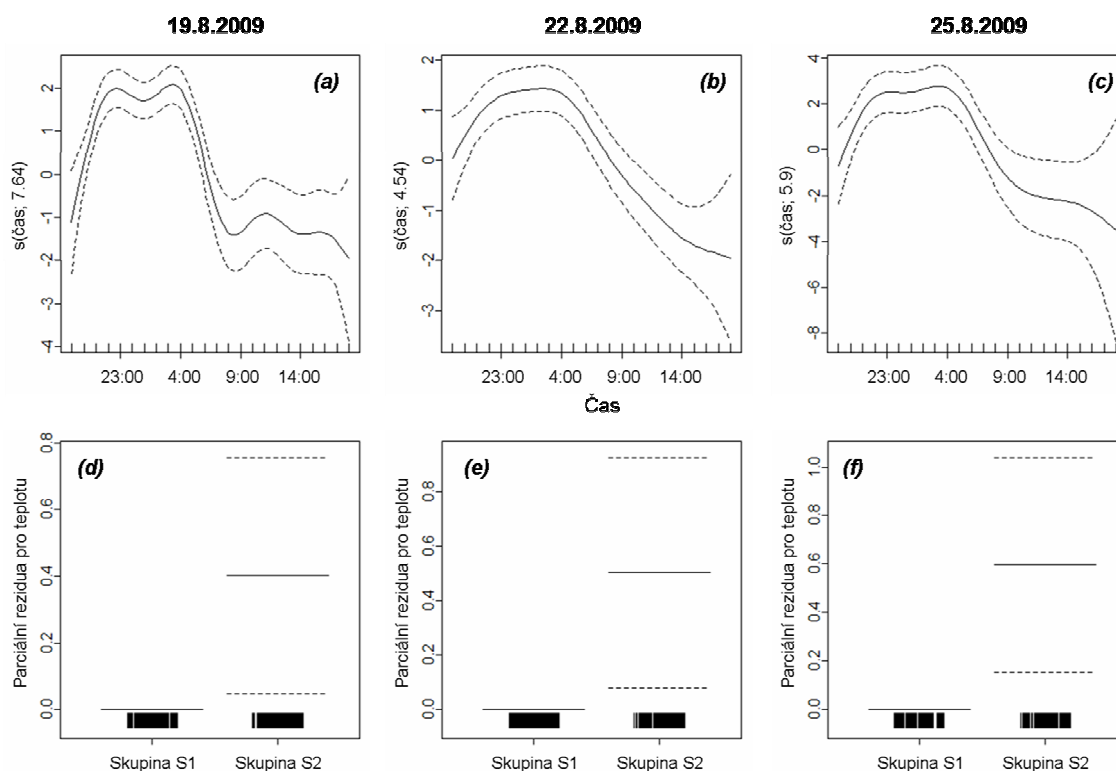
Obrázek 24 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii potrava u oblanky sídelní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 35 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii potrava u oblanky sídelní při srpnovém pozorování

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>1. den – 19. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-2,2320	-16,957	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,5285	3,247	0,00117
<i>2. den – 22. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-2,066	-14,881	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	-0,1443	-0,809	0,419
<i>3. den – 25. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-4,3955	-5,677	$1,37 \times 10^{-08}$
S2 (x intercept)	-0,8723	-2,105	0,0353

Tabulka 36 Analýza vlivu času na kategorii potrava u oblanky sídelní při srpnovém pozorování

Den	Odhad df	χ^2	p
1. den – 19. 8. 2009	6,595	51,61	$1,49 \times 10^{-08}$
2. den – 22. 8. 2009	5,059	85,15	$3,8 \times 10^{-16}$
3. den – 25. 8. 2009	4,793	11,44	0,0689



Obrázek 25 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na kategorii průzkum u oblanky sídelní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 37 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na kategorii průzkum u oblanky sídelní při srpnovém pozorování

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>1. den – 19. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-2,8112	-15,644	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,4020	2,272	0,0231
<i>2. den – 22. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-3,0353	-14,293	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,5015	2,374	0,0176
<i>3. den – 25. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-3,928	-9,131	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,596	2,685	0,00725

Tabulka 38 Analýza vlivu času na kategorii průzkum u oblanky sídelní při srpnovém pozorování

Den	Odhad df	χ^2	p
1. den – 19. 8. 2009	7,638	140,5	$<2 \times 10^{-16}$
2. den – 22. 8. 2009	4,543	55,21	$2,45 \times 10^{-10}$
3. den – 25. 8. 2009	5,902	61,92	$5,47 \times 10^{-11}$

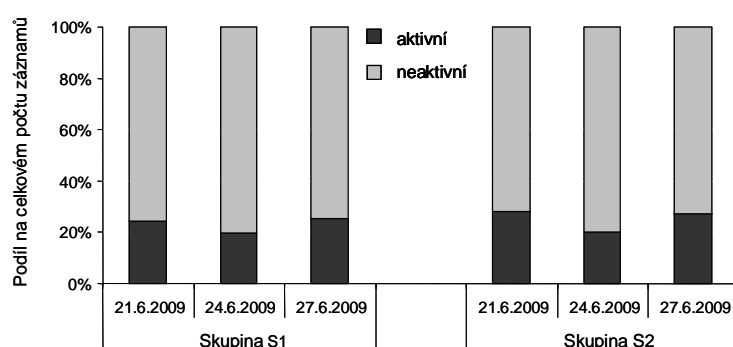
4.4 Vliv zvýšení teploty na aktivitu oblanky sídelní

Pozorování červen

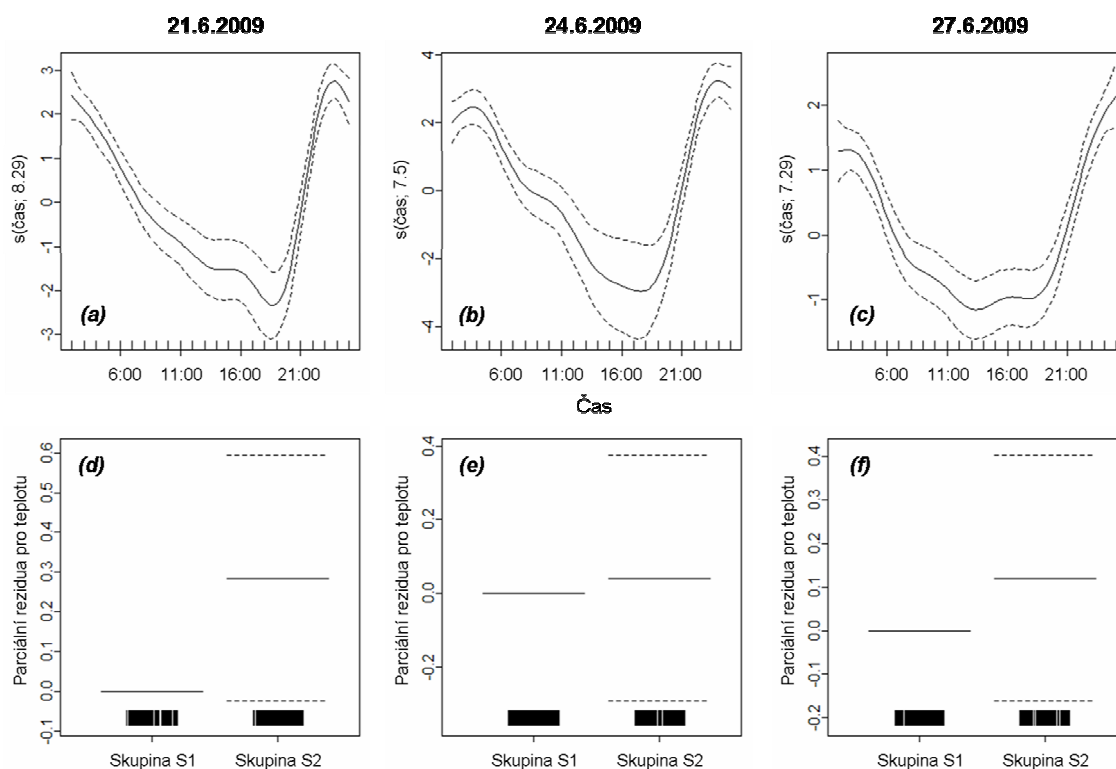
Při červnovém pozorování tvořily záznamy o výskytu aktivních kategorií chování (potrava, průzkum, čištění, hrabání monitoring a páření) 23,4 % všech záznamů u skupiny S1 a 24,7 % všech záznamů u skupiny S2. V prvním pozorovacím dni byla u skupiny S1 celková početnost záznamů o aktivním chování 165, ve druhém 132 a ve třetím pozorovacím dni 169. U skupiny S2 byla celková četnost aktivity v prvním pozorovacím dni 188, ve druhém pozorovacím dni 135 a ve třetím pozorovacím dni 175. Z výše uvedených hodnot je patrný pokles aktivity ve druhém pozorovacím dni a to u obou skupiny (Obr. 26)

Při analýze pomocí GAM nebyl zjištěn rozdíl v četnostech aktivního chování mezi skupinami S1 a S2 ani v jednom z pozorovacích dní (Obr. 27; Tab.39). Nejvyšší aktivita byla zaznamenána ve všech pozorovacích dnech přibližně mezi 23:00 a 02:00 s naprostými maximy kolem půlnoci (Obr. 27; Tab. 40).

Z analýzy v programu Oriana vyplývá, že rozložení aktivity během dne nebylo uniformní (při $\alpha=0,05$) u žádné skupiny ani v jednom z pozorovacích dní. Vektor průměru se vždy nacházel mezi 01:00 a 02:00. Koncentrace dat kolem vektoru průměru byla výrazná ve všech pozorovacích dnech u obou skupin (Obr. 28; Tab. 41). Aktivita se vyskytovala téměř výhradně v nočních hodinách přibližně mezi 22:00 až 05:00 (Obr. 28)



Obrázek 26 Zastoupení aktivních a neaktivních kategorií chování u oblanky sídelní při červnovém pozorování



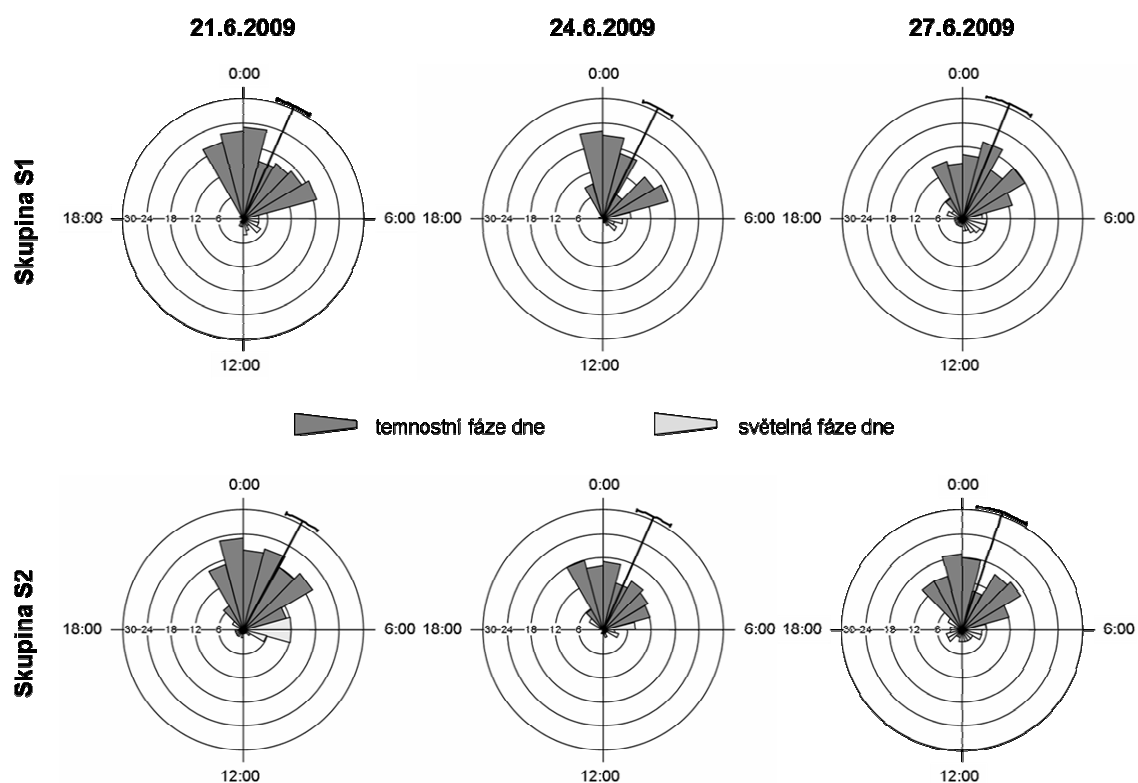
Obrázek 27 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na aktivitu oblanky sídelní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při červnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 39 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na aktivitu oblanky sídelní při červnovém pozorování

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>1. den – 21. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,7382	-13,067	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,2846	1,843	0,0654
<i>2. den – 24. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-2,50675	-11,647	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,04149	0,249	0,803
<i>3. den – 27. 6. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,3556	-12,858	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,1207	0,857	0,391

Tabulka 40 Analýza vlivu času na aktivitu oblanky sídelní při červnovém pozorování

Den	Odhad df	χ^2	p
1. den – 21. 6. 2009	8,289	321,5	$<2 \times 10^{-16}$
2. den – 24. 6. 2009	7,501	222,7	$<2 \times 10^{-16}$
3. den – 27. 6. 2009	7,293	220,3	$<2 \times 10^{-16}$



Obrázek 28 Rozložení aktivity oblanky sídelní v průběhu tří pozorovacích dní při červnovém pozorování

Tabulka 41 Analýza rozložení aktivity oblanky sídelní v průběhu tří pozorovacích dní při červnovém pozorování

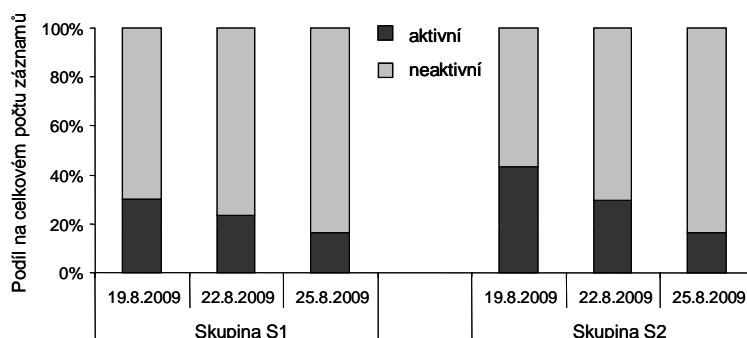
Skupina	Vektor průměru (μ)	Konf. interval (95%)	Délka vektoru (r)	Rayleigh. test (z)	Rayleigh. test (p)
<i>1. den – 19. 8. 2009</i>					
S1	01:36	01:03 – 02:09	0,645	68,605	$<1 \times 10^{-12}$
S2	01:54	01:21 – 02:27	0,62	72,304	$<1 \times 10^{-12}$
<i>2. den – 22. 8. 2009</i>					
S1	01:46	01:15 – 02:16	0,737	71,687	$<1 \times 10^{-12}$
S2	01:36	01:02 – 02:10	0,68	62,367	$<1 \times 10^{-12}$
<i>3. den – 25. 8. 2009</i>					
S1	01:29	00:44 – 02:13	0,511	44,068	$<1 \times 10^{-12}$
S2	01:14	00:27 – 02:02	0,472	39,014	$<1 \times 10^{-12}$

Pozorování srpen

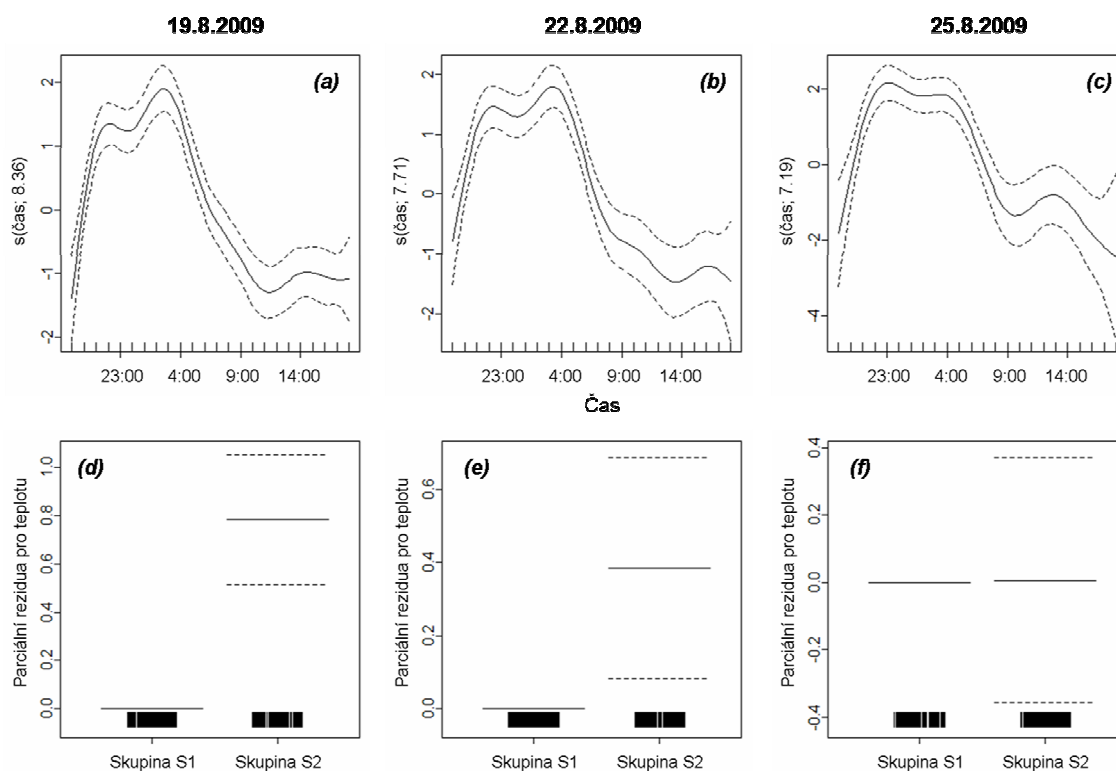
Při srpnovém pozorování tvořily záznamy o výskytu aktivních kategorií (potrava, průzkum, čištění, hrabání monitoring a páření) chování 23, 9 % všech záznamů u skupiny S1 a 30,5 % všech záznamů u skupiny S2. V prvním pozorovacím dni byla u skupiny S1 celková početnost záznamů o aktivním chování 201, ve druhém 138 a ve třetím pozorovacím dni 87. U skupiny S2 byla celková četnost aktivity v prvním pozorovacím dni 292, ve druhém pozorovacím dni 169 a ve třetím pozorovacím dni 95. Celkově byli více aktivní jedinci ze skupiny S2, u obou skupin však docházelo k pozvolnému poklesu aktivity v průběhu pozorování (Obr. 29).

Analýza pomocí GAM ukázala, že v prvním a druhém pozorovacím dni byli více aktivní jedinci skupiny S2. Ve třetím pozorovacím dni byla aktivita mezi oběma skupinami vyrovnaná (Obr. 30; Tab. 42). Nejvyšší koncentrace aktivity byla v GAM nalezena ve všech pozorovacích dnech mezi 21:00 a 05:00. V prvním a druhém dni bylo naprosté maximum aktivity zaznamenáno kolem 03:00 a ve třetím pozorovacím dni kolem 23:00 (Obr. 30; Tab.43)

Z analýzy v programu Oriana vyplývá, že rozložení aktivity během dne nebylo uniformní (při $\alpha=0,05$) u žádné skupiny ani v jednom z pozorovacích dní. Vektor průměru se vždy nacházel mezi 01:00 a 02:00. Koncentrace dat kolem vektoru průměru byla zřetelná ve všech pozorovacích dnech u obou skupin (Obr. 31; Tab.44). Aktivita se vyskytovala převážně v nočních hodinách přibližně mezi 21:00 a 06:00. U skupiny S2 byla v prvním pozorovacím dni zaznamenána mírně zvýšená aktivita i během světelné fáze dne (Obr. 31).



Obrázek 29 Zastoupení aktivních a neaktivních kategorií chování u oblanky sídelní při srpnovém pozorování



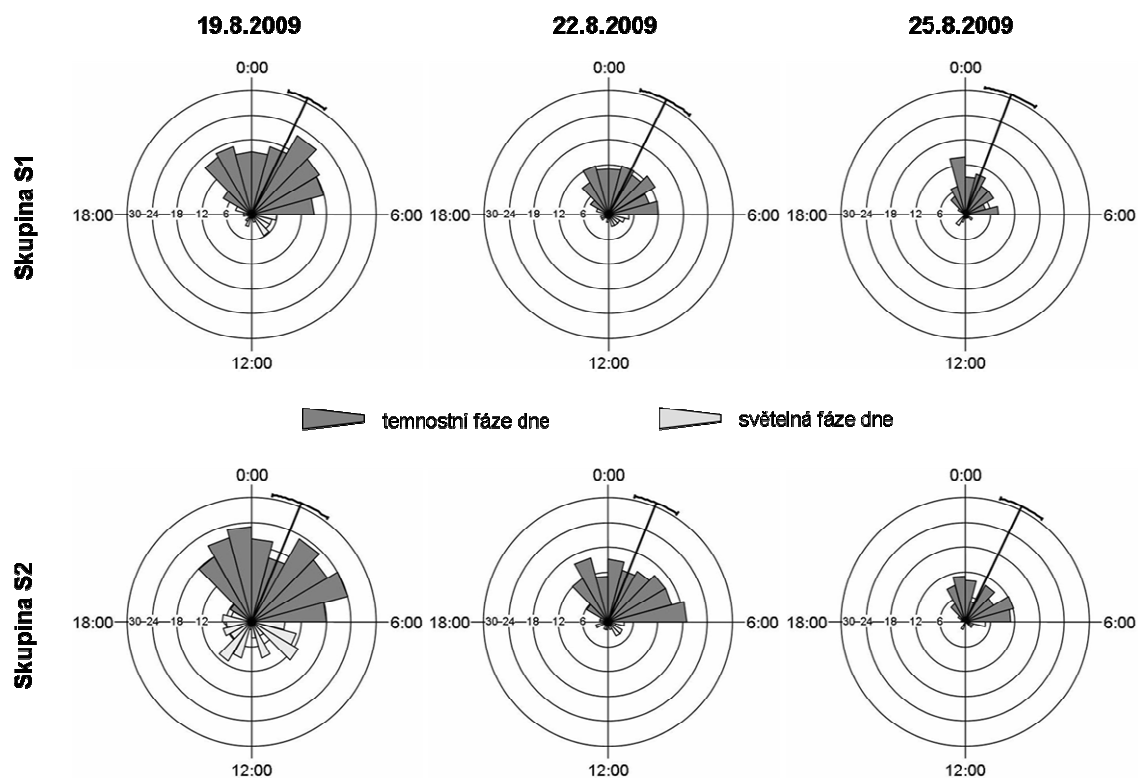
Obrázek 30 Vliv času (a), (b), (c) a zvýšení teploty (skupina) (d), (e), (f) na aktivitu oblanky sídelní v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni při srpnovém pozorování (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 42 Analýza vlivu zvýšení teploty (skupina) na aktivitu oblanky sídelní při srpnovém pozorování

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>1. den – 19. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,0989	-10,971	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,7835	5,842	$5,14 \times 10^{-09}$
<i>2. den – 22. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-1,5597	-12,766	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,3849	2,538	0,0111
<i>3. den – 25. 8. 2009</i>			
S1 (intercept)	-2,358761	-12,886	$<2 \times 10^{-16}$
S2 (x intercept)	0,006582	0,036	0,971

Tabulka 43 Analýza vlivu času na aktivitu oblanky sídelní při srpnovém pozorování

Den	Odhad df	χ^2	p
1. den – 19. 8. 2009	8,357	281,5	$<2 \times 10^{-16}$
2. den – 22. 8. 2009	7,706	204,6	$<2 \times 10^{-16}$
3. den – 25. 8. 2009	7,187	135,8	$<2 \times 10^{-16}$



Obrázek 31 Rozložení aktivity oblanky sídelní v průběhu tří pozorovacích dní při srpnovém pozorování

Tabulka 44 Analýza rozložení aktivity oblanky sídelní v průběhu tří pozorovacích dní při srpnovém pozorování

Skupina	Vektor průměru (μ)	Konf. interval (95%)	Délka vektoru (r)	Rayleigh. test (z)	Rayleigh.test (p)
<i>1. den – 19. 8. 2009</i>					
S1	01:42	01:06 – 02:19	0,561	63,206	$<1 \times 10^{-12}$
S2	01:30	00:36 – 02:24	0,336	32,936	$<1 \times 10^{-12}$
<i>2. den – 22. 8. 2009</i>					
S1	01:47	00:57 – 02:36	0,508	35,556	$<1 \times 10^{-12}$
S2	01:29	00:47 – 02:10	0,541	49,445	$<1 \times 10^{-12}$
<i>3. den – 25. 8. 2009</i>					
S1	01:24	00:35 – 02:12	0,618	33,179	$<1 \times 10^{-12}$
S2	01:45	01:03 – 02:27	0,671	42,717	$<1 \times 10^{-12}$

4.5 Vliv zvýšení teploty na mortalitu sledovaných druhů

Při červnovém pozorování špičanky mokřadní zemřely ve skupině S1 4 jedinci a ve skupině S2 5 jedinců z 28 pozorovaných. U oblanky sídelní ve skupině S1 nezemřel žádný jedinec a ve skupině S2 pouze jeden. Úmrtnost jedinců se mezi skupinami S1 a S2 nelišila (Fisher. test; $p=1$ u obou druhů).

Při srpnovém pozorování byla pozorována celkově vyšší úmrtnost než při pozorování v červnu (Fisher. test; $p=0,001294$). U špičanky mokřadní zemřelo ve skupině S1 10 jedinců a ve skupině S2 8 jedinců, ovšem ani v tomto případě nebyl prokázán rozdíl v přežívání mezi skupinami S1 a S2 (Fisher. test; $p=0,7753$). Úmrtnost jedinců se při srpnovém pozorování nelišila mezi skupinami S1 a S2 ani u oblanky sídelní (Fisher. test; $p=1$), u skupiny S1 zemřelo 6 jedinců a u skupiny S2 5 jedinců.

Pokud porovnáme celkovou mortalitu oblanky sídelní a špičanky mokřadní v průběhu pokusu, zjistíme, že při červnovém pozorování byla vyšší mortalita u špičanky mokřadní (Fisher. test; $p=0,01625$). Při srpnové pozorování nebyl rozdíl v mortalitě mezi oběma druhy průkazný (Fisher. test; $p=0,1951$).

4.6 Pattern chování špičanky mokřadní a oblanky sídelní

Pattern chování špičanky mokřadní

U špičanky mokřadní byly zaznamenány značné rozdíly ve vzorci chování v závislosti na sezóně. V červnu byla hlavní kategorií chování potrava, které se špičanky věnovaly téměř celý den pouze s mírným poklesem v dopoledních hodinách. Oproti tomu průzkum byl vykonáván především v temnostní fázi dne a se svítáním docházelo k prudkému poklesu této kategorie. Protipól průzkumu tvořily obě neaktivní kategorie, odpočinek a skrývání. Obě tyto kategorie vykazovaly maxima ve světelné fázi dne a k poklesu jejich četností docházelo se soumrakem. Aktivní kategorie tedy v noční části dne převažovaly nad neaktivními (Obr.32).

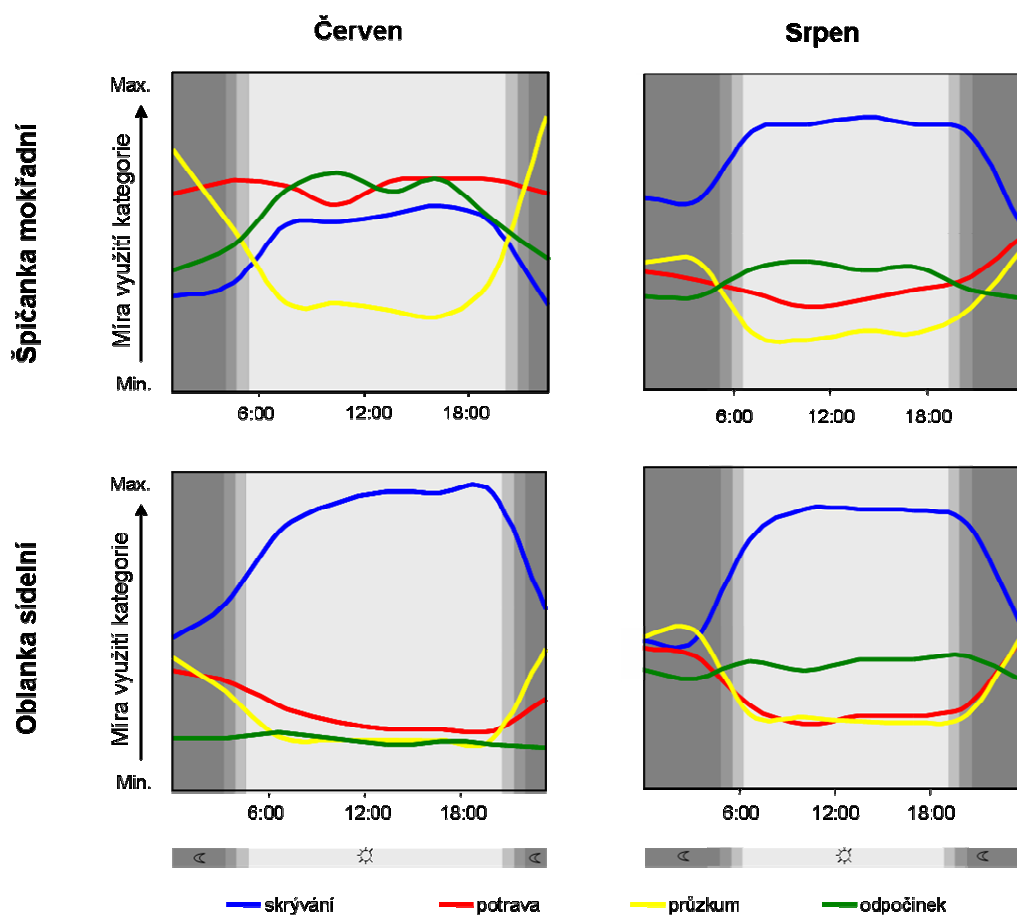
V srpnu nastal posun směrem ke skrývání, které v tomto období tvořilo nečastěji využívanou kategorii chování. Skrývání bylo dominantní kategorií v průběhu celého dne. Přesto však vykazovalo pokles v nočních hodinách a jeho četnosti stoupaly se svítáním. Odpočinek byl v průběhu dne více rovnoměrně rozložen než v červnu a jeho maxima ve světelné části dne nebyla tolik výrazná. Potrava byla opět využívána v průběhu celého dne s mírným poklesem ve světelné fázi. Potravní chování však bylo celkově zaznamenáváno mnohem méně než v červnu. Rovněž průzkum si zachoval

minima ve světelné, a maxima v temnostní fázi dne. Maxima v nočních hodinách, ale nedosahovala takových četností jako v červnu (Obr, 32).

Pattern chování oblanky sídelní

Chování oblanky sídelní nevykazovalo mezi červnem a srpnem takovou proměnlivost, jako tomu bylo u špičanky mokřadní. Pattern chování oblanky byl v obou měsících velmi podobný vzorci chování, který byl zaznamenán u špičanky v srpnu (Obr. 32). Dominantní kategorií bylo skrývání, které dosahovalo maxima ve světelné části dne. Převaha skrývání byla ještě o něco výraznější v červnu než v srpnu. Odpočinek tvořil při červnovém pozorování velmi málo četnou kategorii, která v průběhu dne nedosahala žádného výrazného maxima. Aktivita kategorií potrava a průzkum stoupala především od soumraku do půlnoci a poté opět docházelo k poklesu směrem k raním hodinám. Průzkum i potrava se v průběhu světelné fáze dne objevovaly pouze sporadicky.

V srpnu došlo k nárůstu četností kategorie odpočinek a to především na úkor skrývání, které bylo v srpnu méně časté než v červnu. Skrývání však pro oblanku stále představovalo dominantní kategorii chování a zachovalo si i svůj denní průběh s maximem ve světelné fázi dne. Rovněž průzkum a potravní chování vykazovaly velmi podobný průběh jako v červnu, vzhledem k posunu soumraku a svítání byly však aktivní po delší část dne. K jejich nástupu docházelo již mezi 19:00 a 20:00 a pokles nastával až mezi 4:00 a 5:00 ráno. V průběhu světelné fáze dne byly potravní chování i průzkum ojedinělé.



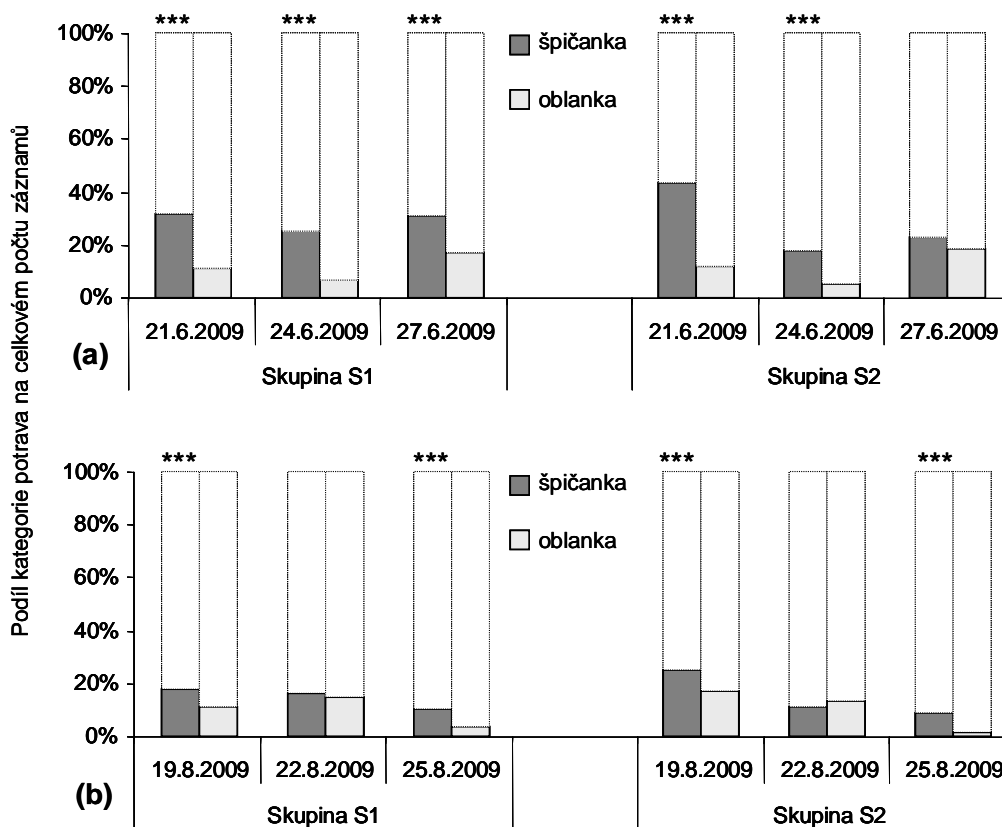
Obrázek 32 Pattern chování špičanky mokřadní a oblanky sídelní v průběhu 24 hodin v červnu a srpnu

Rozdíly v četnostech potravního chování mezi špičankou mokřadní a oblankou sídelní

Při červnovém pozorování se potravnímu chování častěji věnovaly špičanky. Kategorie potrava tvořila u špičanky mokřadní v červnu dominantní, nejčastěji zaznamenávanou kategorii chování. Pro oblanku sídelní byla potrava až druhou nejčastější kategorií (první bylo skrývání). U kontrolní skupiny byl rozdíl v četnostech kategorie potrava mezi oběma sledovanými druhy patrný ve všech třech pozorovacích dnech. Vyšší četnost potravy byla vždy zaznamenávána u špičanky mokřadní (Obr. 33; Příloha 5).

U skupiny pozorované při zvýšené teplotě (S2) byla vyšší četnost potravního chování u špičanky mokřadní zaznamenána v prvním a druhém pozorovacím dni. Ve třetím pozorovacím dni došlo u oblanky k nárůstu četností potravního chování a četnosti této kategorie se tak mezi oběma druhy téměř vyrovnaly (Obr. 33; Příloha 5).

V srpnu došlo u špičanky ke zřetelnému poklesu v četnostech potravního chování. Přesto v prvním a třetím pozorovacím dni byla u kontrolní i pokusné skupiny vyšší četnost potravního chování zaznamenána právě u špičanky mokřadní (Obr. 33, Příloha 5). Ve druhém pozorovacím dni byly četnosti potravního chování u obou sledovaných druhů vyrovnané.



Obrázek 33 Rozdíly v zastoupení potravního chování mezi špičankou mokřadní a oblankou sídelní při červnovém (a) a srpnovém (b) pozorování (signifikace: Fisher. test p-hodnota 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05)

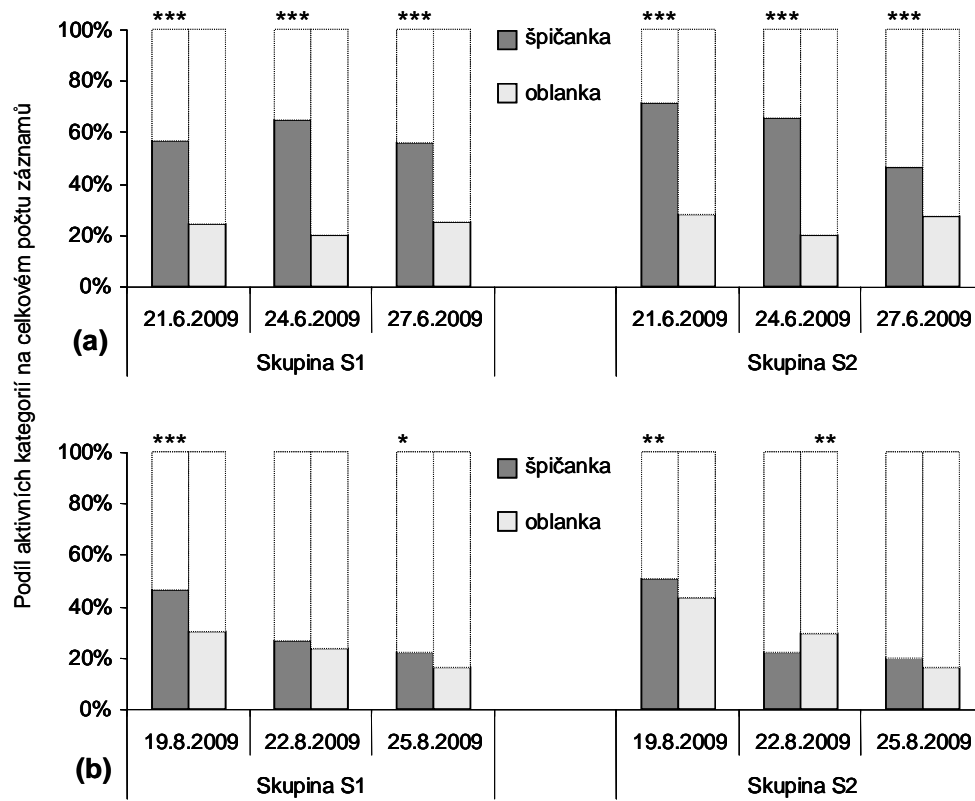
Rozdíly v četnostech aktivity mezi špičankou mokřadní a oblankou sídelní

Při červnovém pozorování byla celkově aktivnější špičanka mokřadní. Rozdíl v četnostech aktivního chování mezi oběma druhy byl u kontrolní skupiny (S1) patrný ve všech pozorovacích dnech (Obr. 34; Příloha 5). Rovněž u skupiny pozorované při zvýšené teplotě byly ve všech pozorovacích dnech aktivnější špičanky a to i přes to, že u špičanek pozorovaných při vyšší teplotě (skupina S2) docházelo v průběhu pokusu k poklesu aktivity (Obr. 34)

V srpnu byly špičanky méně aktivní než v červnu. U obou druhů docházelo k poklesu aktivity v průběhu pokusu a to jak u kontrolní (S1) tak pokusné (S2) skupiny (Obr. 34). U kontrolní skupiny bylo srovnání aktivity obou druhů následující. V prvním pozorovacím dni byly aktivnější špičanky. Ve druhém pozorovacím dni došlo k vyrovnání aktivity mezi oběma druhy a v posledním pozorovacím dni byla opět zaznamenána o něco vyšší aktivita u špičanky než u oblanky. Rozdíl však nebyl příliš výrazný (Obr. 34; Příloha 5).

U pokusné skupiny (S2) byla v prvním pozorovacím dni aktivnější špičanka mokřadní. Rozdíl v aktivitě mezi oběma druhy ale nebyl příliš výrazný. Ve druhém

pozorovacím dni byla aktivnější oblanka a ve třetím pozorovacím dni nebyl rozdíl v aktivitě mezi sledovanými druhy průkazný (Obr. 34; Příloha 4).



Obrázek 34 Rozdíly v zastoupení aktivních kategorií chování mezi špičankou mokřadní a oblankou sídelní při červnovém (a) a srpnovém (b) pozorování (signifikace: Fisher. test p-hodnota 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05)

5 DISKUZE

5.1 Použitá metodika

Metodika, která byla v práci použita, je jednoduchá a kdykoliv opakovatelná, alespoň co se designu pokusu týká. Nabízí možnost hodnocení vlivů různých faktorů na chování mnohonožek, a dalších skupin bezobratlých. Podobná metodika byla použita např. pro hodnocení vlivu značení na chování suchozemských stejnonožců a mnohonožek (Drahokoupilová 2011). Přesto bych chtěla upozornit na některé aspekty, které mohly ovlivnit výsledky práce a které by bylo dobré zohlednit při případném dalším opakování pokusu.

Kolísání teploty vs. konstantní teplota

Design pokusu je jednoduchý a realizace nenáročná na vybavení, problém s opakovatelností pokusu však nastane, zaměříme-li se na konkrétní teploty, při kterých pozorování probíhalo. Vzhledem k tomu, že v průběhu pokusu bylo zachováno kolísání teploty v závislosti na vnějším prostředí, byla při srpnovém pozorování průměrná teplota u obou pokusných skupin o něco vyšší než při prvním pozorování provedeném v červnu. Možností by bylo provést pozorování při konstantní teplotě v termostatu. Zachování kolísání teploty a přirozená fotoperioda však lépe odrážejí podmínky mnohonožek v jejich přirozeném prostředí. Pokles teploty vzduchu ve večerních a ranních hodinách může podobně jako změna světelného režimu a změna vlhkosti vzduchu v této době, ovlivňovat denní rytmus aktivity mnohonožek (Cloudsley-Thompson 1951; Banerjee 1967). Přestože mnohé studie provedené za konstantních podmínek ukazují, že i při stálé tmě/světle, teplotě a vlhkosti zůstává hlavní rytmus aktivity zachovaný (Boccardo a Penteado 1995; Koilraj 1999), je možné že by konstantní teplota a osvětlení ovlivnily konkrétní projevy chování. V minulosti byly prokázány změny v metabolické aktivitě u *Glomeris balcanica*, právě v důsledku aklimatizace na konstantní teplotu (Stamou 2000), proto se zachování proměnlivosti teplotního režimu jeví jako vhodnější. Pokud se ale zaměříme na vliv konstantní teploty, je nutné vzít v úvahu, že před zahájením pokusu byly mnohonožky přechovávány v termostatu při konstantní teplotě 15 °C, což mohlo mít vliv na jejich chování především v prvních dnech experimentu.

Naměřené teploty

Při červnovém pozorování byla u skupiny S1 (kontrolní skupina pozorovaná při nižší teplotě) průměrná teplota 16,4 °C, tato teplota odpovídá průměrné preferované teplotě plochule křehké *Polydesmus comlanatus* (Linnaeus, 1761) (Gromysz-Kałkowska 1973), což je jedna z našich nejběžnějších mnohonožek. Podobně oblanka zahradní *Cylindroiulus latestriatus* (Curtis, 1845), invazní mnohonožka, která u nás žije ve sklenících, zahradách a parcích (Kocourek 2006), má průměrnou preferovanou teplotu 16,1 °C (Gromysz-Kałkowska 1983). U skupiny S2 (skupina pozorovaná při vyšší teplotě) byla při červnovém pozorování zjištěna průměrná teplota 20 °C.

Při srpnovém pozorování byla průměrná teplota pro skupinu S1 18 °C a pro skupinu S2 20,6 °C. Pro srovnání, teplota 20,6 °C odpovídá průměrnému optimu pro stíněnku skleníkovou *Oxidus gracilis* (C.L. Koch 1847), exotický druh u nás žijící ve sklenících, a pro její blízkou příbuznou stíněnku hnědočervenou *Strongylosoma stigmatosum* (Eichwald, 1830), která se u nás běžně i synantropně vyskytuje, je průměrná optimální teplota 20,5 °C (Gromysz-Kałkowska 1973, 1983).

Při červnovém pokusu byla zaznamenána minimální teplota 14,4 °C (S1) a maximální teplota 22,1 °C (S2). V srpnu byla minimální naměřená teplota 12,8 °C (S1) a maximální teplota 24,5 °C (S2). Všechny naměřené teploty spadaly do pro mnohonožky tolerovatelného rozmezí, které se pro druhy sledované Gromysz-Kałkowskou (1973, 1978, 1983) pohybuje mezi 1 až 34 °C (± 5 °C).

Vliv vlhkosti prostředí

Vysoká teplota je pro mnohonožky nepříznivá především z hlediska možného vysychání a ztráty vody z organismu. V tomto ohledu má vlhkost prostředí nezpochybnitelný vliv na odolnost jedinců. I když se uvádí, že u mnohonožek je tento vliv oproti např. suchozemským stejnonožcům relativně malý a pokud vlhkost neklesne pod určitou prahovou hodnotu, jsou mnohonožky limitovány pouze extrémními teplotami (Cloudsley-Thompson 1962; Edney 1977 in Crawford 1992), bylo by jistě přínosem během pokusu zaznamenávat i hodnoty relativní vlhkosti vzduchu. Na druhou stranu udržování vlhkosti v pokusné nádobě pomocí navlhčeného sádrového podkladu je v pracích zabývajících se vlivem teploty na mnohonožky běžně užíváno (Gromysz-Kałkowska 1973, 1983) a je tedy zřejmě dostačující. Vliv vlhkosti nebyl prokázán například ani u *G. balcanica*, která byla ve své potravní aktivitě výrazně ovlivněna pouze teplotou (Iatrou a Stamou 1989).

Noční pozorování

Drobnou poznámku je nutné věnovat i nočnímu pozorování při červeném světle. Před zahájením pokusu jsme předpokládali, že mnohonožky nevnímají červené světlo (McKillup 1988), takže nebudou v noci červeným světlem rušeny. Mnohonožky byly pozorovány za použití čelové svítilny (Varta Head Light Active 11631) s červenou L.E.D. diodou. Během pozorování však byly často zaznamenány změny chování nebo aktivity u jedinců, kteří byli v noci červeným světlem osvětleni. Změna v aktivitě/chování nebyla natolik rychlá, aby se nedala postřehnout. Pro potřeby pokusu byla tedy vždy zaznamenávána ta kategorie chování nejpravděpodobněji vykonávaná jedincem před vyrušením.

5.2 Vliv zvýšení teploty na chování a aktivitu špičanky mokřadní

U špičanky mokřadní byly testovány čtyři nejčastěji zaznamenávané kategorie chování (potrava, průzkum, skrývání, odpočinek). Při červnovém pozorování byl zjištěn vliv zvýšení teploty na tři z těchto čtyř testovaných kategorií chování, konkrétně na potravní chování, skrývání a odpočinek. U stejných kategorií byl vliv zvýšené teploty zjištěn i při pokusu provedeném v srpnu. Při červnovém pozorování byly navíc prokázány rozdíly v aktivitě. U skupiny sledované při zvýšené teplotě docházelo během pokusu k poklesu aktivity, zatímco u kontrolní skupiny zůstávala aktivita přibližně na stejné úrovni. V srpnu docházelo k poklesu aktivity u obou sledovaných skupin, takže rozdíly v aktivitě mezi skupinami nebyly významné. Červnové a srpnové pozorování se lišilo z hlediska celkového zastoupení jednotlivých kategorií chování. Zatímco v červnu bylo zastoupení jednotlivých kategorií více rovnoměrné, v srpnu (shodně u obou sledovaných skupin) převládaly neaktivní kategorie. Mnohonožky však běžně vykazují tendenci k sezonalitě ve svém chování (především potravním a reprodukčním chování) i aktivitě (Dangerfield a Telford 1991).

Vliv zvýšení teploty na chování špičanky mokřadní

U špičanky mokřadní byl při červnovém i srpnovém pozorování zaznamenán rozdíl mezi sledovanými skupinami u kategorií skrývání, odpočinek a potrava. Zaměříme-li se na kategorie neaktivního chování (skrývání a odpočinek), zjistíme, že pokud se četnosti těchto kategorií mezi sledovanými skupinami lišily, byla vyšší četnost skrývání vždy zaznamenána u kontrolní skupiny (S1). Naopak pokud se lišily četnosti kategorie odpočinek, byly vyšší četnosti odpočinku vždy zaznamenány u skupiny sledované při vyšší teplotě (S2). Při červnovém pozorování byl navíc zaznamenán prudký nárůst odpočinku u skupiny S2 ke konci pokusu (v druhém a třetím pozorovacím dni). Zdá se, že skrývání, ke kterému docházelo především v průběhu světelné fáze dne, je běžnou formou neaktivního chování, která je součástí denního cyklu aktivity. Naproti tomu odpočinek, který se většinou projevoval tak, že mnohonožky ležely stočené na povrchu substrátu nebo sádry a jevíly se značně apaticky, lze považovat za stresovou reakci na nepříznivé podmínky prostředí. Při srpnovém pozorování bylo toto chování navíc často zaznamenáváno v průběhu celého dne, bez ohledu na denní fázi a světelný režim. Podobné chování v důsledku stresových faktorů bylo zaznamenáno například u stíněnky hnědočervené. Tyto umístěny v laboratorních podmínkách začaly přibližně pátý den v tomto prostředí zpomalovat svou aktivitu a často ležely stočené na povrchu (Gromysz-Kałkowska 1973). Rovněž u jedinců druhu *Alloporus uncinatus*, běžně žijícího v jihoafrických savanách, docházelo ke ztrátě aktivity, stáčení a následnému úmrtí pokud byli vystaveni nepříznivým teplotním podmínkám (Dangerfield a Chipfunde 1995). Podobně Drahekoupilová (2011) zaznamenala u svinule vyšší četnost odpočinku pravděpodobně v důsledku negativního vlivu značení.

Z aktivních kategorií chování byly rozdíly mezi skupinou S1 a S2 zaznamenány u kategorie potrava. Při červnovém pozorování byly rozdíly v četnostech potravního chování mezi skupinami zaznamenány ve všech třech pozorovacích dnech. U skupiny pozorované při vyšší teplotě byla v prvním pozorovacím dni četnost kategorie potrava výrazně vyšší než u kontrolní skupiny. Ve druhém pozorovacím dni však u skupiny S2 nastal v potravní aktivitě prudký pokles. Ve třetím pozorovacím dni se četnost potravy opět mírně zvýšila, hodnot zjištěných v prvním dni však zdaleka nedosahovala. Pokles potravního chování u skupiny S2 byl zřejmě způsoben již zmíněným nárůstem odpočinku ve druhém a třetím pozorovacím dni. Nižší potravní aktivita by mohla být způsobena i nepříznivým vlivem teploty. Striganova (1972) zaznamenala u *R. kessleri* pokles příjmu potravy mimo optimální rozmezí teplot. V prvním pozorovacím dni však byla u skupiny S2 potravní aktivita výrazně vyšší než u kontrolní skupiny. U kontrolní

skupiny ale nebyl při červnovém pozorování pokles potravní aktivity mezi prvním a druhým pozorovacím dni nijak výrazný, ve třetím dni došlo i u kontrolní skupiny k opětovnému zvýšení četností kategorie potrava, tentokrát téměř na původní úroveň zaznamenanou v prvním pozorovacím dni.

Při srpnovém pozorování byl rozdíl v četnostech kategorie potrava mezi skupinami zaznamenán v prvním a druhém pozorovacím dni. V prvním pozorovacím dni byla výrazně vyšší četnost potravního chování (stejně jako při červnovém pozorování) zaznamenána u skupiny S2. Ve druhém pozorovacím dni došlo u skupiny S2 k prudkému poklesu potravní aktivity, takže vyšší četnost kategorie potrava byla zaznamenána u kontrolní skupiny. K poklesu potravní aktivity však docházelo u obou sledovaných skupin a ve třetím pozorovacím dni byly četnosti kategorie potrava mezi skupinami vyrovnané. Pokles potravní aktivity v průběhu srpnového pokusu zřejmě souvisí s celkovým poklesem aktivity během pozorování (sestupná tendence byla v průběhu pokusu zaznamenána u všech aktivních kategorií chování) a bude rozebrán níže. Potravní aktivita se stejně jako celková aktivita často v průběhu sezóny mění (Dangerfield a kol 1992; David a Gillon 2002). V temperátní zóně vykazují mnohonozky maxima v potravní aktivitě většinou na jaře případně na podzim (Bocock a Heath 1967)

Četnosti kategorie průzkumu se mezi skupinami S1 a S2 nelišily ani v jednom z pozorovacích dní. Četnost průzkum se v průběhu pokusu pohybovala u obou skupin mezi 10–20% oproti ostatnímu chování a ve druhém pozorovacím dni dokonce došlo k mírnému nárůstu. Při srpnovém pozorování byl patrný pokles průzkumu především mezi prvním a druhým pozorovacím dnem. Tedy celkově mezi čtvrtým a sedmým dnem, kdy byli jedinci umístěni ve sklenicích. Což opět odpovídá chování zaznamenanému u stíněnky přibližně kolem pátého dne po umístění v laboratorních podmínkách (Gromysz- Kałkowska 1973).

Vliv zvýšení teploty na aktivitu špičanky mokřadní

Vliv zvýšení teploty na aktivitu byl patrný pouze při červnovém pozorování. U skupiny sledované při zvýšené teplotě docházelo během pokusu k poklesu aktivity, který se projevoval především nárůstem odpočinku. U kontrolní skupiny zůstávala aktivita přibližně na stejné úrovni. Pokles aktivity u skupiny S2 lze přisuzovat právě zvýšení teploty. Při červnovém pozorování se maximální teploty naměřené u skupiny S2 pohybovaly kolem 22 °C. U *G.s balcanica* ustává potravní aktivita v létě, když teplota vystoupí nad 25 °C (Iatrou a Stamou 1989). Podobně u druhu *Ommatoiuulus moreletii*

dochází k mírnému poklesu aktivity při teplotách kolem 25 °C (Bailey a Kovaliski 1993). Jak již název napovídá *G. balcanica* je druh běžně vyskytující se na Balkánském poloostrově, *O. moreletii* pochází z Portugalska a po zavlečení se úspěšně šíří v Austrálii. Srovnáme-li tedy areály rozšíření výše zmíněných druhů s areálem špičanky mokřadní, můžeme předpokládat, že špičanka mokřadní, jakožto druh žijící ve střední, severní a východní Evropě, je vůči vysokým teplotám více citlivá. Tuf a kol. (2006) zaznamenali při terénním pozorování u špičanky pokles epigeické aktivity při teplotách nad 21 °C, tento pokles však nebyl signifikantně prokázán. Naopak Rossolimo a Rybalov (1979) zjistili, že v létě při 100% vzdušné vlhkosti se špičankou preferovaná teplota pohybuje kolem 20,6 °C. Rovněž některé fyziologické parametry jako respirační metabolismus a spotřeba kyslíku naznačují, že optimální teplota se pro špičanku může pohybovat i v rozmezí 22–25 °C (Gromysz-Kałkowska 1978) Ale například u stíněnky skleníkové je zvýšení teploty v rozsahu 22–25 °C prokazatelně kompenzováno snížením aktivity tak, aby respirační metabolismus zůstal na stejné hladině. Teplota pohybující se kolem 22°C by tedy již mohla být u špičanky dostatečným stimulem pro snížení aktivity a vyvolání klidové fáze.

V srpnu byla u špičanky zaznamenána celkově nízká aktivita. Oproti červnovému pozorování došlo k poklesu aktivity téměř na polovinu. Rozdíly v aktivitě mezi kontrolní a pokusnou skupinou nebyly zaznamenány, neboť docházelo k poklesu aktivity u obou sledovaných skupin. Pokles aktivity u obou skupin mohl být způsoben více faktory: 1) průměrná teplota u kontrolní skupiny byla o 2,6 stupně vyšší než při červnovém pozorování, maxima se pohybovala v rozmezí 19–20 °C, 2) celkové snížení aktivity oproti červnovému pozorování lze pravděpodobně přičíst především tomu, že srpen pro špičanku představuje klidové období. Podobně je tomu například u již zmíněné *G. balcanica*, kdy v srpnu, když se svléká, její potravní aktivita téměř ustává (Iatrou a Stamou 1989). Rovněž u oblanky tečkované *Cylindroiulus punctatus* (Leach, 1815), která je nejaktivnější během dubna a května, dochází v létě k poklesu aktivity. Podobně i u prstencovky černé *Tachypodoiulus niger* (Leach, 1814) a plochule západní nalezneme maximum aktivity od dubna do června. V srpnu mají tyto druhy naopak aktivitu nejnižší, samozřejmě s výjimkou zimních měsíců (Banerjee 1967).

Při červnovém pozorování mělo rozložení aktivity během dne jen málo výrazná maxima soustředěná do nočních hodin. Relativně vysoká míra aktivity byla zaznamenávána i během světelné fáze dne a koncentrace aktivity do nočních hodin nebyla tolik výrazná jako v srpnu. Aktivitu během světelné fáze zaznamenal u špičanky na přelomu května a června rovněž Tuf a kol. (2006). Tendence ke zvýšené epigeické

aktivitě během světelné fáze dne byla během jara a počátkem léta zaznamenána i u dalších mnohonožek z čeledi Julidae (Banerjee 1967). Mírně zvýšená aktivita světelné fáze dne byla zaznamenána i v prvním pozorovacím dni při srpnovém pozorování. S poklesem aktivity však docházelo k její výraznější koncentraci kolem průměrného času tj. přibližně kolem 00:00 až 01:00. Gromysz-Kałkowska (1979), která u špičanky rovněž zaznamenala aktivitu v průběhu celého dne si tento jev vysvětluje tak, že pokud se mnohonožky vyskytují v opadu nebo jiném příznivém prostředí, kde mají ideální vlhkostní, tepelné a světelné podmínky a dostatek kvalitní potravy, nejsou nijak nuceny omezovat nebo naopak zvyšovat svou aktivitu v průběhu dne. Skutečnost, že se tato koncentrace aktivity v nočních hodinách v průběhu srpnového pozorování zvyšovala a zároveň docházelo k celkovému poklesu aktivity by mohla znamenat i to, že se mnohonožky tímto chováním snažily vyhnout vyšší teplotě v průběhu dne (Hassall a kol. 2010).

5.3 Vliv zvýšení teploty na chování a aktivitu oblanky sídelní

U oblanky sídelní byly stejně jako u špičanky mokřadní testovány čtyři nejčastěji zaznamenávané kategorie chování (skrývání, odpočinek, potrava a průzkum). Při červnovém pozorování byl zjištěn vliv zvýšení teploty pouze na kategorie skrývání a odpočinek. Zatímco při srpnovém pozorování byly zjištěny rozdíly v četnostech mezi oběma skupinami u všech čtyř analyzovaných kategorií. Aktivita nebyla při červnovém pozorování zvýšením teploty ovlivněna. V průběhu srpnového pozorování docházelo k poklesu aktivity u obou skupin. Tento pokles však nebyl u obou skupin rovnoměrný, v prvním a druhém pozorovacím dni byla průkazně vyšší aktivita zaznamenána u skupiny pozorované při vyšší teplotě. Ve třetím pozorovacím dni již byly aktivity u obou skupin vyrovnané.

Vliv zvýšení teploty na chování oblanky sídelní

Při červnovém pozorování se četnosti mezi skupinami S1 a S2 lišily pouze u neaktivních kategorií chování. U kategorie skrývání byl rozdíl zaznamenán pouze v prvním pozorovacím dni, kdy se více skrývali jedinci kontrolní skupiny (S1). Ve druhém a třetím pozorovacím dni bylo skrývání mezi skupinami vyrovnané. Vzhledem k tomu, že skrývání bylo mimo prvního pozorovacího dne zastoupenou u obou skupin stejně, lze ho i v tomto případě (podobně jako u špičanky) považovat spíše za běžnou součást denního cyklu aktivity než za reakci na zvýšení teploty. V případě více

extrémních teplot však může zahrabávání fungovat i jako prostředek behaviorální termoregulace. Zahrabávání do hloubek až několik desítek centimetrů (20–30 cm) většinou slouží k přečkání teplého a především suchého léta, kdy hloubka zahrabávání závisí především na vlhkosti půdy. Takto zahrabaní jedinci pak zahajují svou aktivitu po prvních výrazných deštích, kdy dochází k navlhčení i hlubších půdních horizontů (Dangerfield a Telford 1991; Dangerfield a Chipfunde 1995). Během pokusu však byly zemina a sádra udržovány stále dostatečně navlhčené, zahrabávání z důvodu nízké vlhkosti prostředí se tedy nejeví příliš pravděpodobné.

Četnosti kategorie odpočinek se lišily ve všech pozorovacích dnech. V prvních dvou pozorovacích dnech byl vyšší odpočinek zaznamenán u skupiny S2 (vyšší teplota), ve třetím pozorovacím dni u skupiny S1. U obou skupin byl však v červnu odpočinek zaznamenáván pouze minimálně. Celkově lze říci, že oblanka sídelní nebyla při červnovém pozorování zvýšením teploty (v průměru o 3,6 °C) příliš ovlivněna. Oblanka je běžně rozšířena téměř po celé Evropě od Španělska a Itálie přes střední Evropu až po Britské ostrovy a Skandinávii. Lze tedy předpokládat, že velmi dobře snáší velké rozmezí teplot. Průměrná teplota u skupiny S2 se v červnu pohybovala kolem 20 °C s maximy kolem 22 °C. Oblanka zahradní *Cylindroiulus latestriatus* (Curtis, 1845), která má podobný areál rozšíření, dobře snáší teploty pohybující v rozmezí 7–30 °C (Gromys- Kałkowska 1983). V rámci svého výskytu v ČR se oblanky sídelní jeví jako teplomilný druh, který se vyskytuje především v oblastech českého a moravského termofytika (Kocourek 2006). Dalo by se tedy předpokládat, že oblanka bude negativně ovlivněna spíše nízkou než vysokou teplotou, samozřejmě v určitém rozsahu. Teploty pohybující se nad 30°C se jeví jako nepříznivé pro většinu druhů mnohonožek (Gromys-Kałkowska 1973, 1978, 1983).

Velmi překvapivé byly výsledky srpnového pozorování, kdy byly mezi skupinami S1 a S2 zaznamenány rozdíly ve všech testovaných kategoriích. Změny v četnostech jednotlivých kategorií chování u kontrolní skupiny nevykazovaly žádný výrazný trend a v průběhu pokusu byly spíše rozkolísané. U skupiny S2 docházelo v průběhu pokusu k nárůstu odpočinku a skrývání a poklesu v potravním chování, průzkum však zůstával více méně na stejné úrovni.

Skrývání se lišilo v prvním a třetím pozorovacím dni, kdy se více skrývali jedinci kontrolní skupiny. Odpočinek se lišil v prvním a třetím dni. V prvním pozorovacím dni více odpočívali jedinci kontrolní skupiny, ve třetím pozorovacím dni jedinci skupiny S2. Oproti červnovému pozorování, kdy byl odpočinek zaznamenáván pouze sporadicky, došlo (u obou skupin) k výraznému zvýšení četností této kategorie.

Zajímavé ale je, že oproti červnu nedošlo ke snížení četnostní kategorií aktivního chování tzn. celková aktivita se v porovnání s červnovým pozorováním téměř nezměnila. K nárůstu odpočinku tedy došlo pouze na úkor kategorie skrývání. Je možné, že se tak oblanky snažily vyhnout například příliš navlhčené zemině (Dangerfield a kol. 1992). Podobné chování bylo zaznamenáno i u dlouženky nahnědlé *Proteroiulus fuscus* (Am Stein, 1857), která po dlouhotrvajících deštích opouštěla své úkryty, aby unikla před příliš vysokou vlhkostí (Peitsalmi 1981). Vzhledem k tomu, že oblanky preferují spíše sušší prostředí (Kocourek 2006) a že ve sklenicích byla udržována relativně vysoká vlhkost, mohlo by být toto vysvětlení pravděpodobné. Zajímavé ale je, že takto reagovaly pouze při srpnovém pozorování.

U kategorie potrava byl rozdíl zaznamenán v prvním a třetím pozorovacím dni. V prvním pozorovacím dni se potravní chování více objevovalo u skupiny S2, ve třetím pozorovacím dni u kontrolní skupiny (S1). U skupiny S2 docházelo v průběhu pokusu k poklesu četností potravního chování. Tento pokles by mohl indikovat nepříznivé teplotní podmínky. Například mnohonožky druhu *R. kessleri* reagovaly snížením potravní aktivity na vychýlení teploty mimo optimum, které se u tohoto druhu pohybuje kolem 21 °C. Pokles v potravní aktivitě *R. kessleri* byl zaznamenán při posunu teploty směrem k vyšším a nižším hodnotám (Striganova 1972). Podobně reagovala i *G. balcanica* u níž bylo maximum konzumace v laboratorních podmínkách zaznamenáno při 20 °C a 85% relativní vzdušné vlhkosti (Iatrou a Stamou 1989). Teplotní režim byl při srpnovém pozorování více rozkolísaný než v červnu. Rozdíly mezi minimální a maximální teplotou byly navíc výraznější právě u skupiny S2, kde se teplota pohybovala mezi 15,3 a 24, 5 °C, je tedy možné, že i tato rozkolísanost v teplotním režimu mohla potravní chování oblanky sídelní ovlivnit.

Četnosti kategorie průzkum se mezi skupinami S1 a S2 lišily ve všech třech pozorovacích dnech. Ve všech pozorovacích dnech byl průzkum častější u skupiny S2. Pohyb mnohonožek po povrchu může být vysvětlen hledáním kvalitnější potravy nebo partnera (Dangerfield a kol. 1992). Zvýšení pohybu rovněž může představovat i určitou únikovou reakci, kterou se mnohonožky snaží odejít z nepříznivého prostředí (Gromysz-Kałkowska 1973, 1983), například vyhýbání se příliš mokré zemině (Dangerfield a kol. 1992). Ovšem pohybová aktivita mnohonožek se mění i v optimálních teplotních podmínkách (Gromysz-Kałkowska 1973).

Vliv zvýšení teploty na aktivitu oblanky sídelní

Při červnovém pozorování tvořily záznamy o výskytu aktivních kategorií chování 23,4 % všech záznamů u skupiny S1 a 24,7 % všech záznamů u skupiny S2. Rozdíly v aktivitě mezi kontrolní skupinou a skupinou pozorovanou při vyšší teplotě nebyly zaznamenány ani v jednom z pozorovacích dnů. Zvýšení teploty o 3–4 °C však může aktivitu některých druhů ovlivňovat. To, zda se jedná o inhibiční účinek nebo naopak zvýšení aktivity, závisí většinou na konkrétním rozsahu teplot a na odolnosti a preferencích jednotlivých druhů. U druhu *O. moreletii*, jehož optimální teplota pro aktivitu se pohybuje v rozmezí 17–21 °C, se při 95% relativní vlhkosti vzduchu aktivita zvyšuje lineárně v závislosti na teplotě od 3 do 21 °C, při 25 °C mírně poklesá a při 28 °C dochází k prudkému nárůstu aktivity a následnému útlumu a inaktivitě (Bailey a Kovaliski 1993). Rovněž u stíněnky skleníkové je zvýšení teploty v rozsahu 22–25 °C kompenzováno snížením aktivity (Gromysz-Kałkowska 1973). Tento jev však nemusí být pravidlem – aktivita některých druhů není zvýšením teploty výrazně ovlivňována. Například u stíněnky hnědočervené a plochule křehké nebylo snížení aktivity u vyšší hranice optimální teploty pozorováno (Gromysz-Kałkowska 1973). Zdá se tedy, že teploty v rozsahu 14–22 °C, které byly při červnovém pozorování zaznamenávány, by se mohly nacházet v rozmezí teplotního optima oblanky sídelní, neboť její aktivita nebyla těmito teplotami nijak výrazně ovlivněna.

V srpnu tvořily záznamy o aktivním chování 23,9 % všech záznamů u skupiny S1 a 30,5 % všech záznamů u skupiny S2. Nedošlo tedy ke snížení celkové aktivity, jaké bylo zaznamenáno u špičanky mokřadní, naopak (především u skupiny pozorované při vyšší teplotě) byla celková aktivita ještě o něco vyšší než v červnu. Jednotlivé druhy mnohonožek se však ve svém patternu aktivity mohou značně lišit (Banerjee 1967; Dangerfield a Telford 1991; Dangerfield a kol. 1992). To, že k poklesu aktivity u oblanky nedošlo, mohlo být způsobeno i jejím přesunutím do laboratorních podmínek. Některé druhy, které běžně na léto snižují svou aktivitu a suché a teplé období přečkávají zahrabané v půdě, jako například africké juliformní druhy mnohonožek, mohou při laboratorním pozorování reagovat na zvýšení vlhkosti v umělých podmínkách i zvýšením své aktivity (Dangerfield a Telford 1991).

Přestože byla při srpnovém pozorování zaznamenána u obou skupin o něco vyšší aktivita než v červnu, docházelo v průběhu pokusu k poklesu aktivity a to u obou sledovaných skupin. To by mohlo být způsobeno i tím, že při srpnovém pozorování byly u obou skupin zaznamenány vyšší průměrné teploty než v červnu a teplota navíc kolísala. Subjektivně se mi oblanky zdály v srpnu spíše celkově citlivé k laboratorním

podmínkám (možná i k příliš vysoké vlhkosti) než k zvýšení teploty. Tato „citlivost“ oblanek by mohla být způsobena tím, že v srpnu bylo zaznamenáno svlékání u 5 jedinců ze skupiny S1 a 3 jedinců ze skupiny S2. Svlékání trvalo několik hodin (i dní) a svlékající se jedinci byli dosti apatičtí. Je možné, že se během pokusu svlékali i další jedinci, u kterých nebylo svlékání přímo zpozorováno. Svlékající se jedinci jsou méně aktivní (Iatrou a Stamou 1989) a pravděpodobně i více citliví vůči vnějším podmínkám prostředí. Je tedy možné, že i teplota, která se v červnu jevila jako optimální, mohla v srpnu u svlékajících se jedinců způsobit pokles aktivity.

Aktivita oblanky sídelní byla při červnovém i srpnovém pozorování výrazně koncentrována v nočních hodinách. Zřejmě v souvislosti s posunem východu a západu slunce došlo v srpnu k prodloužení období s vysokou koncentrací aktivity v ranních a večerních hodinách. Koncentrace aktivity v nočních hodinách s maximy kolem půlnoci je u mnohonožek v literatuře často zaznamenávaným jevem (Banerjee 1967; Tuf a kol. 2006).

5.4 Vliv zvýšení teploty na mortalitu sledovaných druhů

Rozdíly v mortalitě nebyly mezi oběma skupinami prokázány ani při jednom pozorování. To může souviset s tím, že všechny naměřené teploty byly v rozmezí pro mnohonožky tolerovatelném, které se pohybuje přibližně mezi 1 až 34 °C ± 5 °C (Gromysz-Kałkowska 1973, 1983). Konkrétně pro špičanku mokřadní jsou hodně vysoké teploty již 28–31 °C, letální hranici, kdy mnohonožka umírá po několika málo hodinách tvoří u špičanky mokřadní teplota 34 °C (Gromysz-Kałkowska 1978). Takto vysoké teploty nebyly během pokusu dosaženy. Mortalita byla tedy buď přirozená nebo způsobená pouze stresujícím/nepříznivým prostředím laboratorních podmínek. Co do počtu zemřelých jedinců se však mezi sebou výrazně lišilo pozorování provedené v červnu od pozorování provedeného v srpnu. Vyšší srpnovou mortalitu lze nejpravděpodobněji vysvětlit dvěma způsoby: 1) přirozenou mortalitou, 2) vyšší citlivost jedinců k vnějšímu prostředí způsobenou svlékáním. První vysvětlení je více pravděpodobné u špičanky mokřadní. Špičanka mokřadní se dožívá 3 let a během této doby prodělává několik vývojových stádií (Tufová 2003). Pro pokus byli používáni výhradně dospělí jedinci, tedy jedinci v IX.–XI. vývojovém stádiu, kteří se již často nesvlékají a kteří jsou odolnější než mladí jedinci. U plochule západní, jejíž vývojový cyklus trvá jeden až dva roky, dospělí jedinci po reprodukci na konci léta nebo na začátku podzimu umírají (David a Vannier 2001). U špičanky mokřadní nebylo páření

v průběhu srpnového pozorování vůbec zaznamenáno. Srpen tedy již není reprodukční sezóna a nejstarší jedinci (jedinci v XI. stádiu) mohli zemřít přirozenou smrtí. Podobné vysvětlení by bylo možné i u oblanky sídelní, ale u ní docházelo k páření i v průběhu srpnového pozorování. Oproti špičance však bylo u oblanky zaznamenáváno právě svlékání, je tedy možné, že mortalita oblanky byla ovlivněna citlivostí svlékajících se a čerstvě svlečených jedinců.

Mortalita jedinců by neměla být ovlivněna značením použitým k rozlišení pohlaví. K tomu to značení byl použit fix na značení včelích matek, který mortalitu jedinců neovlivňuje (Drahokoupilová 2011). Značky se navíc v průběhu prvních dnů pokusu u většiny jedinců setřely. Což bylo zřejmě způsobeno častým zahrabáváním mnohonožek a vysokou vlhkostí prostředí. Podobně rychlá ztráta značení byla v literatuře popsána například u *O. moreletii*, značeného lakem na nehty (Petit a kol. 2003).

5.5 Pattern chování špičanky mokřadní a oblanky sídelní

Práce se okrajově věnovala i srovnáním patternu chování obou sledovaných druhů. Důraz byl kladem především na potravní chování a celkovou aktivitu, neboť právě potravní chování těchto makrodekompozitorů je důležité pro rychlost a intenzitu rozkladu opadu a koloběhu prvků (Striganova 1972; Cárcamo 2002). Ovšem posoudit, který z obou druhů je „výkonnější dekompozitor“, není možné pouze na základě četností potravního chování v průběhu dne. K tomuto účelu by byla vhodná samostatná studie zaměřená na potravní preference, množství zkonsumované biomasy, případně i rychlost a účinnost konzumace sledovaných druhů.

Chování obou druhů se lišilo především při červnovém pozorování, kdy byly špičanky aktivnější než oblanky a potravnímu chování se věnovaly častěji. V srpnu však došlo u špičanky mokřadní k výraznému snížení aktivity i četnosti potravního chování a naopak k nárůstu skrývání (především zahrabávání). Aktivita i potravní chování obou druhů tak byly v srpnu více vyrovnané než v červnu. To však není nijak neobvyklý jev, neboť jednotlivé druhy se ve svém patternu aktivity v závislosti na sezóně mohou lišit (Banerjee 1967; Dangerfield a Telford 1991; Dangerfield a kol. 1992.). Některé druhy mají během roku pouze jeden vrchol povrchové aktivity a poté dochází k jejímu poklesu (Banerjee 1967; Meyer 1985). Jiné druhy mohou mít vrcholů několik nebo jsou aktivní v průběhu jednoho delšího období (Meyer 1985). Dokonce i v rámci jednoho druhu mohou být zaznamenány rozdíly v chování a aktivitě například v závislosti na habitatu

nebo pohlaví. Samice se více věnují potravnímu chování, zatímco samci jsou více mobilní a vykazují zřetelnější povrchovou aktivitu (Dangerfield a kol. 1992). Srovnání aktivity samců a samic u mnou sledovaných druhů však nebylo v práci možné, protože značení (fix UNI PAINT MARKER používaný na značení včelích matek), kterým od sebe byla obě pohlaví odlišena, se během prvních dnů experimentu setřelo.

Zdá se, že špičanka je ve svém chování více ovlivněna sezónními cykly, než je tomu u oblanky. Pattern chování špičanky se v obou měsících značně lišil, zatímco u oblanky nebyla změna příliš výrazná. Při červnovém pozorování byly špičanky aktivnější než v srpnu. Potravnímu chování se věnovaly častěji a v nočních hodinách byl dominantní kategorií chování průzkum. Velká četnost průzkumu a celkově vyšší aktivita může souviset i s vyhledáváním partnera, u samců juliformních mnohonožek je to zřejmě jeden z hlavních důvodů pohybu po povrchu. Samci využívají vyhledávací strategii a snaží se spářit se všemi samicemi, které najdou (Dangerfield a kol. 1992). Nižší četnost průzkumu v srpnu oproti červnu mohla být tedy způsobena i tím, že v srpnu již k páření u špičanky nedocházelo.

Oblanka vs. špičanka

Srovnání v ČR původního druhu (špičanky mokřadní) a invazního druhu (oblanky sídelní), bylo zvoleno záměrně, vzhledem k probíhající invazi oblanky sídelní a jejího negativního vlivu na původní druhy našich mnohonožek (Kocourek 2006). V souvislosti s klimatickými změnami se často objevují důkazy o šíření některých rostlinných i živočišných druhů do vyšších poloh a směrem od rovníku (Walther a kol. 2002; IPCC 2007). Změny klimatických podmínek, které se vyskytly v průběhu posledních desetiletí, ovlivnily jak populační dynamiku původních druhů, tak také jejich rozšíření, strukturu a stavbu společenstev a fungování ekosystémů (IPCC 2007).

Záznamy z Velké Británie uvádějí, že areál rozšíření oblanky sídelní se za posledních 25 let rozrostl severním směrem přibližně o 119 km (Hickling a kol 2006). Tento posun ale nemusel být způsoben globálním oteplováním. Velmi pravděpodobné je i to, že území bylo v minulost špatně prozkoumáno a oblanka sídelní zde pouze nebyla nalezena (David 2009). V České Republice se tato mnohonožka, podobně jako v Polsku nebo na Slovensku, vyskytuje především ve velkých městech a jejich antropogenně ovlivněném okolí (Jedryczkowski 1992; Kocourek 2006; Mock 2006). I zde projevuje tendenci k šíření. V oblastech svého výskytu je dominantní a z prostředí obvykle vytěsňuje podobně velké druhy mnohonožek (Kocourek 2006). Je to druh spíše teplomilný, což částečně potvrdil i fakt, že při červnovém pozorování nebyla oblanka

sídelní (na rozdíl od špičanky mokřadní) ve své aktivitě a chování zvýšením teploty nijak negativně ovlivněna. Navíc globální oteplování sebou přináší i snížení počtu mrazových dní v roce (Alexander a kol. 2006), což by mohlo šíření tohoto druhu urychlit (Kocourek 2006).

Konkrétní příklad oblanky sídelní v olomouckých parcích však naznačuje, že její invazi do přirozených biotopů s výskytem špičanky mokřadní brání spíše jiný faktor než teplota. Při kontrolním měření teploty, které jsem provedla v září roku 2010 na lokalitách s výskytem oblanky sídelní (park Bezručovy sady v Olomouci) a špičanky mokřadní (lužní les *Quercus-Ulmetum* nedaleko obce Horka nad Moravou), byla sice v parku zaznamenána vyšší průměrná teplota, tento rozdíl však činil pouze 0,9 °C, což je sice rozdíl poměrně významný, ale z hlediska rozmezí teplot oblankou tolerovaných pravděpodobně překážku v jejím šíření nepředstavuje. Důvod, proč oblanka sídelní do lesních biotopů neproniká, je zřejmě ten, že je vázána spíše na sušší lokality s obsahem vápence. Rovněž šíření tohoto druhu je úzce spjato s lidskou činností a člověkem ovlivněnými stanovišti. Možné interakce oblanky sídelní se špičankou mokřadní tedy nejsou v přírodě příliš pravděpodobné. V příměstských lesích však tento druh vytěsňuje druhy *Julus scandinavus* Latzel, 1884 a *Unciger foetidus* (C.L. Koch, 1838), v otevřené krajině zahrad a kultuních stepí pak vytlačuje druhy *Ommatoiulus sabulosus* (Linnaeus, 1758) a *Megaphyllum unilineatum* (C.L. Koch, 1838) (Kocourek 2006).

6 ZÁVĚR

Práce se zabývala vlivem zvýšení teploty na chování dvou druhů mnohonožek. Zvýšení teploty o 2 až 4°C mělo simulovat vliv případného globálního oteplování. Globální změny klimatu ale představují komplexní a špatně předvídatelný faktor. Interpretace jejich dopadů pouze na základě několika pozorování provedených v této práci by nebyla zcela objektivní. Rovněž generalizace výsledků je problematická, neboť jednotlivé druhy se ve svých odpovědích na změny teploty mohou značně různit, což bylo dobře patrné i na příkladu špičanky a oblanky v této práci. Oblanka sídelní se při červnovém pozorování jevila (z hlediska svého chování i aktivity) vůči zvýšení teploty více rezistentní, než špičanka mokřadní. Ukázalo se, že citlivost vůči vnějšímu prostředí se u mnohonožek může měnit i v závislosti na sezóně a v srpnu docházelo k poklesu aktivity u obou sledovaných druhů. U špičanky mokřadní došlo od června do srpna i ke zřetelné posunu v patternu chování, oblanka sídelní vykazovala stabilnější pattern chování.

Práce nastínila některé další aspekty, kterým by bylo zajímavé se v budoucnu věnovat. Jistě by bylo vhodné zaměřit se na teplotní preferenci sledovaných druhů na větší teplotní škále, případně i v delším časovém měřítku. Zajímavá, minimálně z metodologického hlediska, by mohla být i studie zabývající se vnímavostí mnohonožek vůči různým vlnovým délkám světelného spektra (pro využití červeného světla pro noční pozorování). Rovněž studie zaměřená přímo na potravní chování obou druhů by mohla objasnit některé aspekty, na které tato práce narazila pouze okrajově. I přesto, že práce probíhala v laboratorním prostředí a že o konkrétních dopadech globálního oteplování na tuto skupinu organismů se můžeme zatím pouze dohadovat, je z výsledků patrné, že zvýšení teploty o 2 až 4 °C může chování a aktivitu mnohonožek významně ovlivnit.

LITERATURA

- Aerts, P. (2006): The freezer defrosting: global warming and litter decomposition rates in cold biomes. *Journal of Ecology*, 94: 713–724.
- Alexander, L.V., Zhang, X., Peterson, T.C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A.M.G., Haylock, M., Collins, D., Trewin, B., Rahimzadeh, F., Tagipour, A., Rupa Kumar, K., Revadekar, J., Griffiths, G., Vincent, L., Stephenson, D.B., Burn, J., Aguilar, E., Brunet, M., Taylor, M., New, M., Zhai, P., Rusticucci, M., Vazquez-Aguirre, J.L. (2006): Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of geophysical research*, 111: No. D5., D05109, doi:10.1029/2005JD006290.
- Bailey, P.T., Kovaliski, J. (1993): Summer quiescent behaviour of the millipede *Ommatoiulus moreleti* (Julida: Julidae). *Journal of Zoology, London*, 231: 523–532.
- Banerjee, B. (1967): Diurnal and seasonal variations in the activity of the millipedes *Cylindroiulus punctatus* (Leach), *Tachypodoiulus niger* (Leach) and *Polydesmus angustus* Latzel. *Oikos*, 18: 141–144.
- Beier, C., Emmett, B.A., Penuelas, J., Schmidt, I.K., Tietema, A., Estiarte, M., Gundersen, P., Llorens, L., Riis-Nielsen, T., Sowerby A., Gorissen, A. (2008): Carbon and nitrogen cycles in European ecosystems respond differently to global warming. *Science of Total Environment*, 407: 692–697.
- Boccardo, L., Penteadó, C.H.S. (1995): Locomotor and metabolic activities of *Gymnostreptus olivaceus* (Diplopoda, Spirostreptida) at different photoperiod conditions. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 112: 611–617.
- Bocock, K.L., Heath, J. (1967): Feeding activity of the millipede *Glomeris marginata* (Villers) in relation to its vertical distribution in the soil. In: Graff, O., Satchell, J.E. (eds.): *Progress in Soil Biology: Proceedings of the Colloquium on Dynamics of Soil Communities*. Freidr. Vieweg & Sons, Braunschweig: 233–240.
- Briones, M. J. I., Ostle, N.J., McNamara, N.P., Poskitt, J. (2009): Functional shift of grassland soil communities in response to soil warming. *Soil Biology & Biochemistry*, 41: 315–322.
- Cárcamo, H.A., Abe, T.A., Prescott, C.E., Holl, F.B., Chanway, C.P. (2000): Influence of millipedes on litter decomposition, N mineralization, and microbial communities in a coastal forest in British Columbia, Canada. *Canadian Journal of Forest Research*, 30: 817–826.
- Cloudsley-Thompson, J.L. (1951): Studies in diurnal rhythms. I. rhythmic behaviour in millipedes. *The Journal of Experimental Biology*, 28: 165–172.
- Cloudsley-Thompson, J.L. (1962): Microclimates and the distribution of terrestrial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.*, 7: 199–222.
- Crawford, C.S. (1992): Millipedes as model detritivores. *Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins, Innsbruck*, 10: 277–288.
- Dangerfield, J.M., Miller, A.E., Matthews, R. (1992): Seasonal activity patterns and behaviour of juliform millipedes in south-eastern Botswana. *Journal of Tropical Ecology*, 8: 451–464.

- Dangerfield, J.M., Telford, S.R. (1991): Seasonal activity patterns of julid millipedes in Zimbabwe. *Journal of Tropical Ecology*, 7: 281–285.
- Dangerfield, J.M., Chipfunde L. (1995): Stress tolerance and burrowing in the southern African millipede *Alloporus uncinatus*. *Journal of Zoology*, London, 236: 17–27.
- David, J.F. (2009): Ecology of millipedes (Diplopoda) in the context of global change. *Soil Organism*, 81: 719–733.
- David, J.F., Gillon, D. (2002): Annual feeding rate of the millipede *Glomeris marginata* on holm oak (*Quercus ilex*) leaf litter under Mediterranean conditions. *Pedobiologia*, 46: 42–52.
- David, J.F., Handa, I.T. (2010): The ecology of saprophagous macroarthropods (millipedes, woodlice) in the context of global change. *Biological Reviews*, 85: 881–894.
- David, J.F., Vannier, G. (2001): Changes in desiccation resistance during development in the millipede *Polydesmus angustus*. *Physiological Entomology*, 26: 135–141.
- Dondale, C.D., Redner, J.H., Semple, R.B. (1972): Diel activity periodicities in meadow arthropods. *Canadian Journal of Zoology*, 50: 1155–1163.
- Dowdy, W.W. (1944): The influence of temperature on vertical migration of invertebrates inhabiting different soil types. *Ecology*, 25: 449–460.
- Drahokoupilová, T. (2011): Vliv značení na chování suchozemských stejnonožců a mnohonožek (studie na příkladu svinky a svinule). [Diplomová práce]. Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého, Olomouc, Ms.
- Faber, J. H. (1991): Functional classification of soil fauna: A new approach. *Oikos*, 62: 110–117.
- Ferrari, M.R., Miller, J.R., Russel, G.L. (2007): Modeling changes in summer temperature of the Fraser River during the next century. *Journal of Hydrology*, 342: 336–346.
- Gonzalez, G., Seastedt, T.R. (2001): Soil fauna and plant litter decomposition in tropical and subalpine forests. *Ecology*, 82: 955–964.
- Gromysz-Kałkowska, K. (1973): Some exogenous and endogenous effects on rate of respiration in *Strongylosoma pallipes* (Oliver) (Diplopoda) and behaviour in temperature gradient. *Folia Biologica*, 3: 251–269.
- Gromysz-Kałkowska, K. (1978): Some properties of the respiratory metabolism of the adult *Leptoiulus proximus proximus* (Něm.) (Diplopoda). *Folia Biologica*, 27: 129–145.
- Gromysz-Kałkowska, K., Tracz, H. (1983): Thermal behaviour of *Proteroiulus fuscus* (Am Stein) and *Cylindroiulus frisius* (Verhoeff) (Diplopoda). *Forestry and Wood Technology*, 30: 27–34.
- Gunnarsson, T., Sundin, P., Tunlid, A. (1988): Importance of leaf litter fragmentation for bacterial growth. *Oikos*, 52: 303–308.
- Hassall, M., Edwards, D.P., Carmenta, R., Derhé, M.A, Moss, A. (2010): Predicting the effect of climate change on aggregation behaviour in four species of terrestrial isopods. *Behaviour*, 147: 151–164.

- Hickling, R., Roy, D.B., Hill, J. K., Fox, R., Thomas, C.D. (2006): The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards. *Global Change Biology*, 12: 450–455.
- Hopkin, S.P., Read, H. J. (1992): *The Biology of Millipedes*. Oxford University Press, Oxford, New York, Tokyo.
- Iatrou, G.D., Stamou, G.P. (1987): Seasonal activity patterns of *Glomeris balcanica* (Diplopoda: Glomeridae) in an evergreen-sclerophyllous formation in northern Greece. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*, 26: 491–503.
- IPCC (2007): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jedryczkowski, W.B. (1992): The distribution and ecology of the millipedes in Poland. *Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins, Innsbruck*, 10: 385–391.
- Kalčík, J. (2001): Koloběh fosforu v lesních půdách. *Lesnická práce*, 80: 491–493.
- Khanna, V. (2009): Effect of global warming and climate changes on the soil fauna – predictions and analysis. *Ann. For.*, 17: 337–347.
- Kocourek, P. (2004): Mnohonožky – skrytá fauna ZOO Praha. *Živa*, 52: 169–171.
- Kocourek, P. (2006): Diplopoda – mnohonožky. In: Mlíkovský, J., Stýblo, P. (eds.): *Nepůvodní druhy fauny a flory České republiky*. ČSOP, Praha: 243 – 246
- Koilraj, A.J., Marimuthu, G., Sharma, V. K. (1999): Circadian rhythm in the locomotor activity of a surface-dwelling millipede *Syngalobolus* sp. *Biological Research*, 30: 529–533.
- Kovach, W.L. (2009): *Oriana for Windows*, version 3.10. Wales, Kovach Computing service.
- Krivolutzky, D.A., Pokarzhevsky, A.D. (1977): The role of soil animals in nutrient cycling in forest and steppe. *Ecological Bulletins*, 25: 253–260.
- Lavelle, P., Blanchart, E., Martin, A., Martin, S. (1993): A Hierarchical Model for Decomposition in Terrestrial Ecosystems: Application to Soils of the Humid Tropics. *Biotropica*, 20: 130–150.
- Lavelle, P. (1997): Faunal activities and soil processes: Adaptive strategies that determine ecosystem function. *Advances in ecological research*, 21: 93–122.
- McKillup, S.C. (1988): Behaviour of the millipedes *Ommatoiulus moreletii*, *Ophiulus verruculiger* and *Oncocladosoma castaneum* in response to visible light; an explanation for the invasion of houses by *Ommatoiulus moreletii*. *Journal of Zoology, London*, 215: 35–46.
- Mead-Briggs, A.R., (1956): The effect of temperature upon the permeability to water of arthropod cuticles. *The Journal of Experimental Biology*, 33: 737–749.
- Menéndez, R. (2007): How are insects responding to global warming? *Tijdschrift voor Entomologie*, 150: 355–365.
- Meyer, E. (1985): Distribution, activity, life-history and standing crop of Julidae (Diplopoda, Myriapoda) in the Central High Alps (Tyrol, Austria). *Holarctic ecology*, 8: 141–150.
- Mock, A. (2006): First record of *Cylindroiulus caeruleocinctus* (Diplopoda, Julidae) in Slovakia. *Biologia*, 61: 144.

- O'Neill, R.V. (1967): Behavior of *Narceus americanus* (Diplopoda) on slopes and its ecological significance. *The American Midland Naturalist*, 77: 535–539.
- O'Neill, R.V. (1969): Comparative desiccation tolerance in seven species of millipedes. *The American Midland Naturalist*, 82: 182–187.
- Peitsalmi, M. (1981): Population structure and seasonal activity of *Proteroiulus fuscus* (Am Stein) (Diplopoda, Blaniulidae). *Acta Zoologica Fennica*, 161: 1–66.
- Petit, S., Fahey, I., Lang, M., Gibbs, J., (2003): Testing nail polish on portugese millipedes as a marker for population studies. *South Australian Naturalist*, 77: 10–11.
- R Development Core Team (2009): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Rossolimo, T.E., Rybalov, L.B. (1979): Termo- i gigropreferendумы nekotorych počvennych bezpozvonočnyh b svjazi s ich biotopičeskim raspredeleniem. [Thermo- and hygropreferendum of some soil invertebrates with respect to their biotopical distribution]. *Zoologičeskij žurnal*, 58: 1802–1809.
- Sahli, F. (1990): On post-adult moults in Julida (Miryapoda, Diplopoda). Why periodomorphosis and itercalaries occur in males? In: Minelli, A. (ed.), *Proceedings of the 7th International Congress of Myriapodology*. E.J. Brill, Leiden: 135–156.
- Stamou, G.P., Karris, G., Tsiafouli, M.A., Papatheodorou, E.M., Argyropoulou, M.D. (2000): The effect of acclimation to constant temperatures, pollution of food by heavy metals and short-term fasting on the metabolit activity of *Glomeris balcanica* (Diplopoda: Glomeridae). *Web Ecology*, 1: 11–19.
- Striganova, B.R. (1972) Effect of temperature on the feeding aktivty of *Sarmatiulus kessleri* (Diplopoda). *Oikos*, 23: 197–199.
- Swift, M.J., Heal, O.W., Anderson, J.M. (1979): *Decomposition in terrestrial ecosystems*. University of California Press, Balckwell Scientific Publications.
- Tajovský, K. (1992): Feeding biology of the millipede *Glomeris hexasticha* (Glomeridae, Diplopoda). *Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins, Innsbruck*, 10: 305–311.
- Tuf, I.H., Tufová, J., Jeřábková, E., Dedek, P. (2006): Diurnal epigeic activity of myriapods (Chilopoda, Diplopoda). *Norw. J. Entomol.*, 53: 335–344.
- Tufová, J. (2003): The population structure of *Leptoiulus proximus* (Němec, 1896) (Diplopoda, Julidae) in floodplain forests after summer flooding. *African Invertebrates*, 44: 277–282.
- Walther, R.G., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C., Fromentin, J-M., Hoegh-Gulberg, O., Bairlein, F. (2002): Ecological response to recent climate change. *Nature*, 416: 389–395.
- Zhang, X., Zwiers, F.W., Hegerl, G.C., Lambert, F.H., Gillett, N.P., Solomon, S., Stott, P.A, Nozawa, T. (2007): Detection of human influence on twentieth-century precipitation trends. *Nature*, 448: 461–465.

PŘÍLOHY

Příloha 1 Lokality sběru sledovaných druhů

Příloha 2 Průběh teploty během pokusu

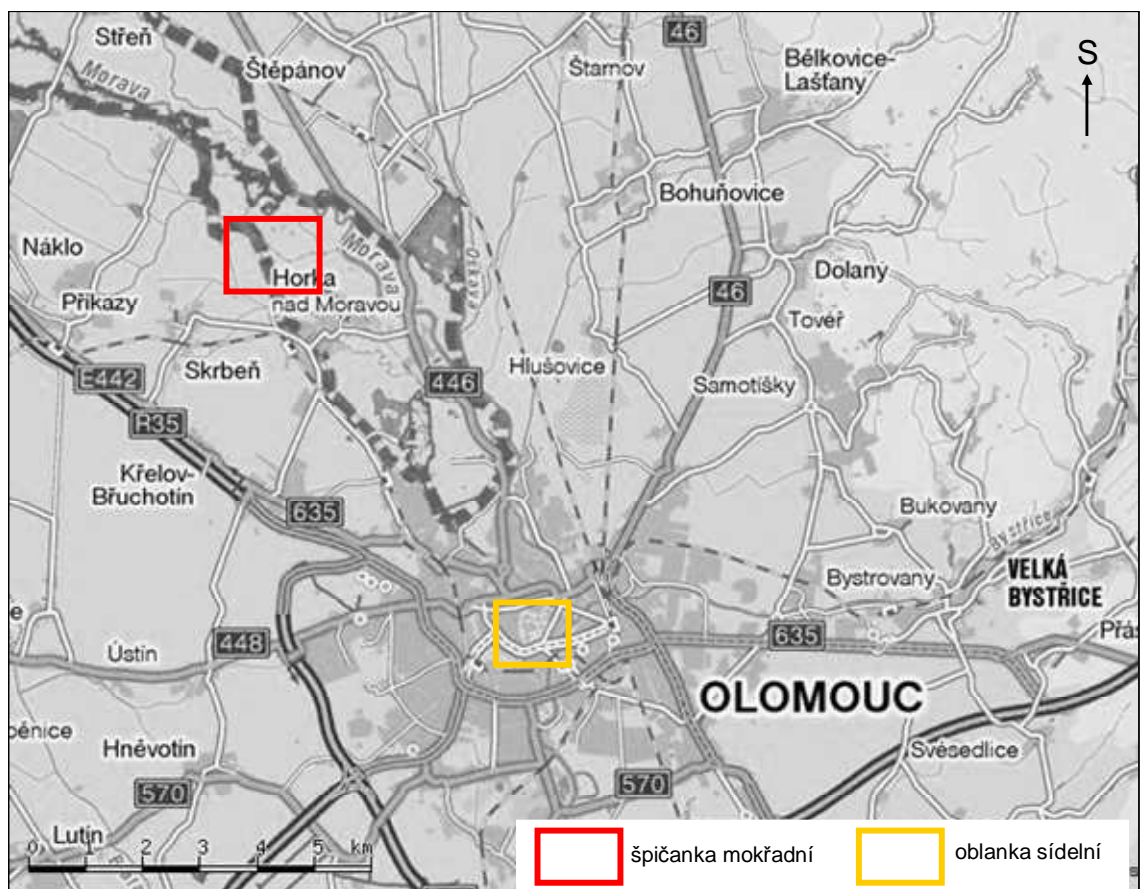
Příloha 3 Průběh teploty v lese a v parku (září 2010)

Příloha 4 Počty záznamů jednotlivých kategorií chování

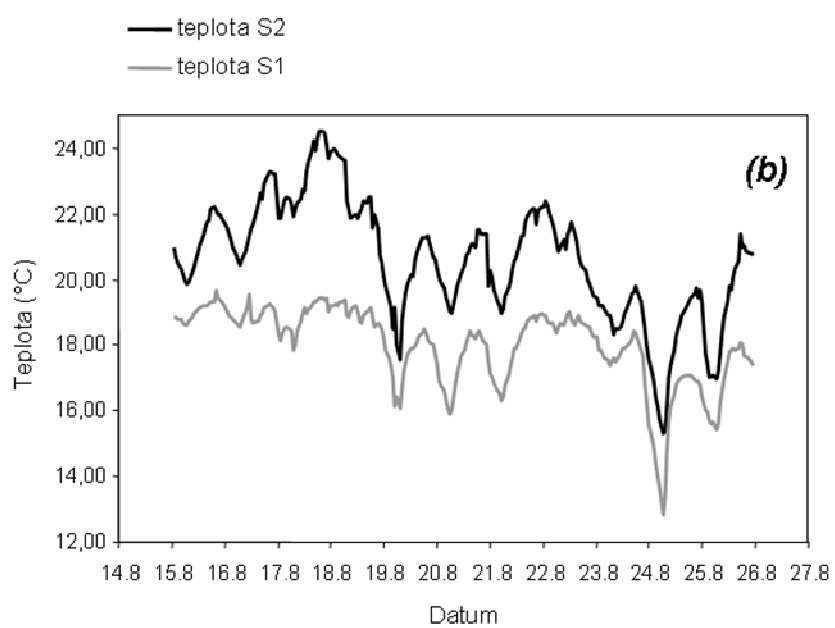
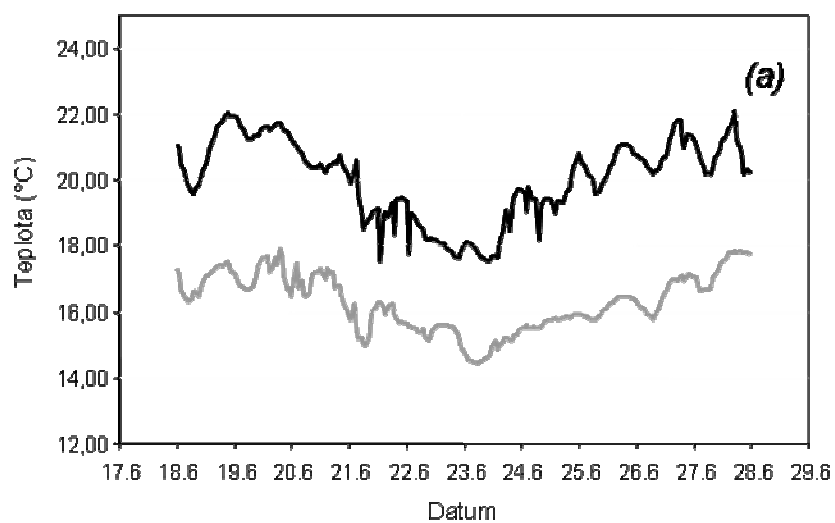
Příloha 5 Signifikace rozdílů (Fischerův test; p-hodnota) v četnostech potravního chování a aktivity mezi špičankou mokřadní a oblankou sídelní

Příloha 6 CD obsahující text práce a zdrojová data

Příloha 1 Lokality sběru sledovaných druhů

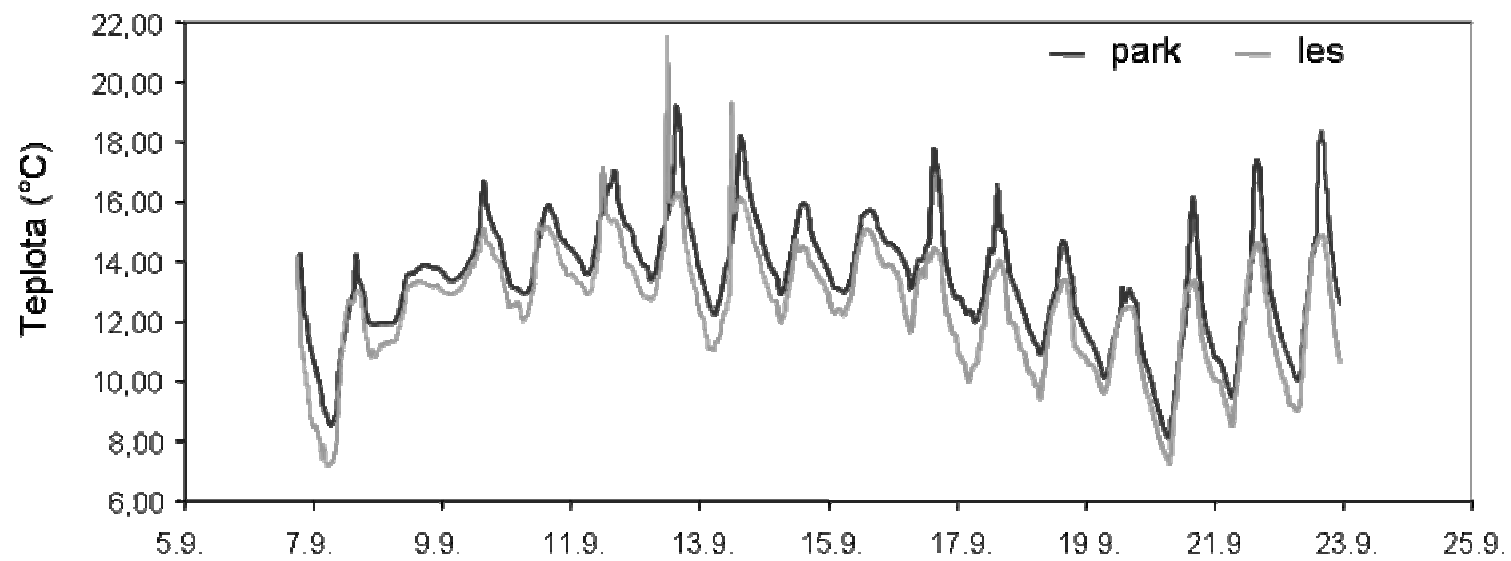


Příloha 2 Průběh teploty během pokusu



(a) první pokus probíhající od 18. do 28.6. 2009; (b) druhý pokus probíhající od 15. do 25.8. 2009

Příloha 3 Průběh teploty v lese a v parku (září 2010)



Příloha 4 Počty záznamů jednotlivých kategorií chování

Sledovaný druh	Kategorie chování								celkem
	skrývání	odpočinek	potrava	průzkum	čištění	hrabání	monitoring	páření	
Špičanka mokřadní									
<i>červen</i>									
skupina S1	391	371	540	295	185	61	13	0	1856
skupina S2	235	477	515	293	237	57	18	4	1836
<i>srpen</i>									
skupina S1	863	218	244	151	84	58	5	0	1623
skupina S2	809	314	264	129	99	41	7	0	1663
Oblanka sídelní									
<i>červen</i>									
skupina S1	1508	42	233	190	5	33	3	2	2016
skupina S2	1451	43	236	189	9	61	1	2	1992
<i>srpen</i>									
skupina S1	1006	355	179	162	47	29	0	8	1786
skupina S2	867	401	200	241	82	33	0	0	1824

Příloha 5 Signifikace rozdílů (Fischerův test; p-hodnota) v četnostech potravního chování a aktivity mezi špičankou mokřadní a oblankou sídelní

Kategorie chování	Pozorování					
	červen			srpen		
	21.6.2009	24.6.2009	27.6.2009	19.8.2009	22.8.2009	25.8.2009
potrava						
skupina S1	$<2 \times 10^{-16}$	$<2 \times 10^{-16}$	$1,082 \times 10^{-08}$	0,000964	0,561	$3,989 \times 10^{-05}$
skupina S2	$<2 \times 10^{-16}$	$9,61 \times 10^{-13}$	0,09057	0,00071	0,4674	$7,609 \times 10^{-08}$
aktivita						
skupina S1	$<2 \times 10^{-16}$	$<2 \times 10^{-16}$	$<2 \times 10^{-16}$	$1,254 \times 10^{-08}$	0,2416	0,02562
skupina S2	$<2 \times 10^{-16}$	$<2 \times 10^{-16}$	$1,457 \times 10^{-12}$	0,009514	0,00642	0,222