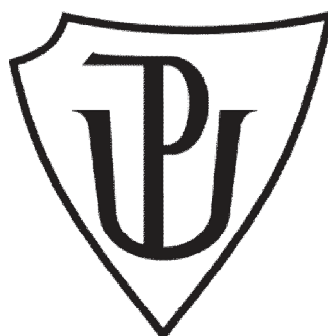


Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



Barevná diskriminace u velkých denních motýlů (Rhopalocera)

Martina Munduchová

Bakalářská práce
předložena
na Katedře ekologie a životního prostředí
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

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

Vedoucí práce: RNDr. Tomáš Kuras, Ph.D.

Olomouc 2012

Abstrakt

Munduchová M. (2012), Barevná diskriminace u velkých denních motýlů (Rhopalocera). Bakalářská práce. Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého Olomouc, 20 str., v češtině

Schopnost barevného vidění je u Rhopalocera (velkých denních motýlů) podstatnou dovedností, protože jejich aktivita probíhá za dne. Komplikovaná fyziologie zrakového aparátu jen potvrzuje význam vidění, nejen při hledání potravy. Jsou s ním spojeny další činnosti jako výběr partnera a rozmnožování nebo orientace v prostoru. Tato schopnost, speciálně pak diskriminace barev, je významná i pro člověka. Mnoho druhů motýlů je dnes považováno za škůdce. Znalost toho, která barva jedince přitahuje, lze využít v aktivní ochraně plodin. Výzkumy z poslední doby ukazují, že kombinace vábení hmyzu na pachové podněty a správně zvolené barvy pastí, mohou účinnost takového zařízení velice zvýšit. Tento trend je však využitelný i v ochraně, či podpoře druhů. Cílem práce bylo dokázat existenci barevné diskriminace při volbě květu pro pastvu pomocí metody Moerického misek. Pozorování proběhlo na luční lokalitě nedaleko města Jihlavy. Metodou pro získání dat byl odchyt do barevných misek s roztokem vody a detergentu (modifikace tzv. Moerického misek). Odchytáváno bylo na 5 barev – bílá, žlutá, červená, zelená, modrá. Odchyt probíhal od 24. 6. – 21. 7. 2012, celkem proběhlo 13 sběrů. Celkem bylo sesbíráno 182 zástupců velkých denních motýlů a 4662 jedinců z ostatních skupin hmyzu. Výsledky byly zpracovány pomocí statistického testu ANOVA. Zvlášť pro Rhopalocera a zvlášť pro ostatní skupiny hmyzu. Test se v obou případech prokázal jako signifikantní a potvrdil přítomnost barevné diskriminace. Dále z výsledků vyplývá, že nejvíce preferovanou je barva žlutá, nejméně pak červená. Tento trend je mimo jiné důležitou informací z etologie Lepidoptera a poukazuje na existenci spojení barevného podnětu a chování, kterým na něj jedinec odpovídá.

Klíčová slova: barevná preference barevné vidění, etologie, fyziologie zraku, Lepidoptera

Abstract

Munduchová M. (2012): The colour discrimination of large butterflies (Rhopalocera). Bachelor's thesis, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University in Olomouc, 20 pp., in Czech.

Ability to see is important for Rhopalocera (large butterflies) due to the fact that they are active during the day. The complicated physiology of their visual apparatus only confirms the importance of vision for them. It is important not only for finding nutriment, but it is also connected with other activities such as finding a partner, reproduction and orientation in space. Orientation in space, especially color discrimination, is important for humans. Many butterfly species are considered to be pests, so the knowledge of color preference could be used in active protection of crops. Recent studies show that combination of luring insects to the odor impulses and correctly chosen trap color can increase efficiency of these devices. Similar trend can be used in protection of species and their support as well. Aim of this paper is to prove existence of color discrimination in choice of flowers for grazing with Moericke metod. Observation was taken place on meadow habitat near Jihlava. Data were obtained using the method of capture into color bowls with solution of water and detergent (modification of so-called Moericke bowls). In the observation, there were used five colors: white, yellow, red, green and blue. Catching was conducted from 24 6th - 21 7th 2012, with total 13 collections. In total, there were collected 182 specimens of large butterfly species and 4662 individuals from other groups of insects. The results were processed by ANOVA statistical test. The results were obtained by comparing the data by ANOVA statistical test, separately for Rhopalocera and other insect species. The test was proven to be significant in both cases and confirmed existance of color discrimination. Furthermore, the results point on that that the most preffered color is yellow and the least preffered one is red. This fact is an important information regarding Lepidoptera ethology and shows a connection between color stimulus and behaviour by which the individual responds to it.

Key words: color preference, color vision, ethology, visual physiology, Lepidoptera

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Tomáše Kurase, Ph.D., a jen s použitím citovaných literárních zdrojů.

V Olomouci 2012

.....

Podpis

Obsah

Seznam tabulek	vii
Seznam grafů	viii
Seznam příloh	ix
Poděkování	x
1. Úvod	1
1.1. Vidění u Rhopalocera	1
1.2. Barevné vidění	1
1.3. Význam barevného vidění	2
2. Cíle práce	4
3. Materiál a metody	5
3.1. Popis lokality	5
3.2. Charakteristika studijní plochy	5
3.3. Metoda odchyty	5
3.4. Komentář k metodě odchyty	6
3.5. Determinace	6
3.6. Analýza dat	7
4. Výsledky	8
4.1. Druhové složení a počty odchycených jedinců	8
4.2. Barevná diskriminace	9
4.3. Druhové složení a počty odchycených jedinců u dalších skupin hmyzu	12
4.4. Barevná diskriminace u dalších skupin hmyzu	13
5. Diskuze	14
5.1. Druhové složení a počty odchycených jedinců	14
5.2. Barevná diskriminace	14
5.3. Využití poznatků o existenci barevné diskriminace	15
5.4. Druhové složení a počty odchycených jedinců dalších skupin hmyzu	16
5.5. Barevná diskriminace u dalších skupin hmyzu	16
6. Závěr	17
7. Literatura	18
8. Přílohy	21

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled zaznamenaných druhů	8
Tabulka 2: Celkové počty odchycených jedinců u jednotlivých řádů hmyzu	12

Seznam grafů

Graf 1: Vyjádření odchyty pro jednotlivé barvy	9
Graf 2: Vyjádření odchyty pro jednotlivé barvy - Nymphalidae	10
Graf 3: Vyjádření odchyty pro jednotlivé barvy - Pieridae.....	10
Graf 4: Vyjádření odchyty pro jednotlivé barvy - Satyridae.....	11
Graf 5: Vyjádření odchyty pro jednotlivé barvy - Lycaenidae	12
Graf 6: Vyjádření odchyty pro jednotlivé barvy – další skupiny hmyzu.....	13

Seznam příloh

Příloha 1: Přehled stavu počasí během sběru dat	21
Příloha 2: Lokalita	22
Příloha 3: Lokalita – mapa + transekt.....	22

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce RNDr. Tomáši Kurasovi Ph.D. za podnětné rady a vedení při psaní práce. Velký dík patří RNDr. Kláře Bezděčkové Ph.D. a Pavlovi Bezděčkovi za poskytnutí materiálu pro sběr dat, zpřístupnění literatury a za přínosné rady a pomoc v chvílích nejtěžších. V neposlední řadě děkuji za neutuchající podporu a inspiraci svým přátelům a rodině.

1. Úvod

1.1. Vidění u *Rhopalocera*

Denní motýli, jak už jejich označení napovídá, aktivují hlavně za dne. Proto u nich lze zrak označit za stěžejní smysl, jak pro orientaci, hledání potravy tak při rozmnožování (Kristensen 2003). V minulosti byl za nejdůležitější smyslový orgán považován čich, výzkumy z poslední doby (Reeves 2011, Kelber 2000) však poukazují na větší význam zraku, popř. rovnovážné postavení obou smyslů. Logicky vzato, lze zrak považovat za dominantní smysl u denních motýlů, kdežto čich převažuje u nočních druhů, které se orientují hlavně podle zdrojů pachu a zrak je pro ně pouze smyslem doprovodným (Kristensen 2003). Orgánem zraku je u motýlů složené oko (*oculi compositi*), tvořeno velkým množstvím samostatných oček – ommatidií. Jednotlivá ommatidia nejsou schopna nezávisle ostřit, výhodou je však velké zorné pole, které vzniká díky specifickému uspořádání oka. Ommatidia mají kuželovitý tvar a jsou tvořena z průhledné kutikuly – rohovky. Pod rohovkou leží kužel tvořený krystalinní hmotou (tzv. křišťálový kužel). Společně tvoří dioptrický aparát, jehož úkolem je soustřeďovat světlo, které do oka přichází, na další speciální receptory. Pod dioptrickým aparátem leží část citlivá na světlo – rhabdon. Má tvar tenké tyčinky a tvoří ho speciální sítnicové buňky, ve kterých leží světločivné pigmenty - fotoreceptory. Tyto pigmenty umožňují barevné vidění a pracují s vlnovou délkou světla, které na ně dopadá, jejich úkolem je toto světlo zpracovat a odeslat o něm informaci do nervového receptoru. Konkrétní složení daného pigmentu umožňuje rozeznat rozdílné barvy nebo část záření (Čechmánek 2006, Kristensen 2003, Wigglesworth 1965).

1.2. Barevné vidění

Právě díky přítomnosti barevných pigmentů jsou některé skupiny hmyzu schopny vidět barevně. Tyto pigmenty - fotoreceptory reagují na vlnovou délku světla, které na ně dopadá, jejich úkolem je toto světlo zpracovat a odeslat dále do nervového receptoru. Konkrétní složení daného pigmentu umožňuje rozeznat rozdílné barvy nebo část záření (Stavenga & Arikawa 2006). U většiny hmyzu nacházíme alespoň dva typy pigmentů.

Jeden citlivý na UV (360nm) a druhý citlivý na zelenou barvu (540nm). Kombinace takových pigmentů umožňuje pracovat s krátkovlnnou i dlouhovlnnou částí spektra. Určitá část hmyzu má ještě pigment citlivý na modrou barvu (440nm). U motýlů jsou často přítomny další pigmenty, mimo předchozích je to navíc dodatečný červený receptor (610nm) a fialový receptor (max. 400nm). Vzájemné působení těchto receptorů je pak základem barevného vidění (Kelber 2000). Předpokládá se, že hmyz není schopen vidět červenou barvu, protože její vlnová délka se pohybuje mezi 650-760nm a vnímaná vlnová délka je zhruba 360 – 590nm (Wigglesworth 1965, Kristensen 2003). Pro porovnání je rozmezí vnímání vlnové délky u člověka zhruba v rozsahu 400 – 750nm (Synek & Skorkovská 2004).

1.3. Význam barevného vidění

Schopnost barevného vidění má v životě denních motýlů stěžejní roli. Motýly řadíme mezi fytofágní hmyz. Proto je toto vidění využíváno hlavně při hledání hostitelské rostliny, kterou jsou motýli, stejně jako další skupiny hmyzu, schopni nalézt na základě zraku (Reeves 2011). Podle barvy jsou schopni rozlišovat dokonce i kvalitu nektaru. Na základě této schopnosti se dá předpokládat, že v průběhu evoluce se tomuto rostliny postupně přizpůsobily tak, aby barvou květu přilákaly co nejvíce vhodných opylovačů. Např. v průběhu stárnutí květů, tedy při změnách v kvalitě nektaru, dochází u některých druhů ke změně barvy květu (Yurtsever et al. 2010). Díky tomu, že rozsah viditelného spektra u motýlů zasahuje až do UV oblasti, jsou schopni vidět i UV značky na květech, které označují např. střed květu a mají funkci květ ztraktivnit. Podobné značky nalezneme i na křídlech samotných motýlů, napomáhají při rozmnožování. Barevné vidění je tedy významné i z hlediska nalezení vhodného partnera. S tím souvisí kladení vajíček, samice musí být schopná vyhodnotit rostlinu podle barvy – zeleň zdravé rostliny vs. zeleň usychající rostliny. Vajíčka klade na takové místo, kde je největší potravní nabídka, která zajistí přežití potomstva (Čechmánek & Hrabák 2006). Okrajově může být barevné vidění významné pro orientaci v terénu. Zde je ovšem možné hovořit spíše o rozeznávání odstínů – světlejší a tmavší plochy (Yurtsever et al. 2010). A dále při hodnocení květů jako přistávací plochy, zde opět platí, že významnějším faktorem než barva je zde odstín květu a okolí (Reeves 2011). Barevné vidění u motýlů (a hmyzu obecně) je velice významné pro člověka. V dnešní době jsou některé druhy považovány

za škůdce zemědělských a dalších plodin, které člověk využívá. Na základě znalostí fungování zraku a vztahu mezi barvou květu a chováním, které u hmyzu vyvolává, lze efektivněji chránit plodiny a bojovat se škůdci. Důležitou znalostí je trend diskriminace (preference) barev u jednotlivých skupin škůdců. Na základě takových informací je možné hmyz barvou odpuzovat, ale i přitahovat.

2. Cíle práce

Cílem mé práce je:

- Prokázat využitelnost metody Moerického misek při studiu barevné diskriminace u Rhopalocera
- Vyhodnotit data získaná touto metodou a na jejich základě určit barevnou diskriminaci
- Porovnat výsledky jednotlivých čeledí Rhopalocera odchycených během pozorování.

3. Materiál a metody

3.1. Popis lokality

Pozorování proběhlo na Českomoravské vysočině, v okolí města Jihlavy. Průměrná nadmořská výška se zde pohybuje kolem 500 m. n. m. Převládajícím reliéfním tvarem jsou pahorkatiny až vrchoviny. Nejčastějším typem půdy je zde kyselá kambizem, na plochých místech pseudogleje a těžší půdy. Převažujícím druhem jsou hlinitopísčité, místy písčitohlinité půdy, většinou s menší skeletovitostí. Tyto půdy jsou středně nebo slabě úrodné. Klima je zde chladné a vlhké, zima bývá dlouhá a chladná. Počet letních dnů se pohybuje mezi 30–40, průměrná červencová teplota je 16 °C (Čech et al. 2002). Z hlediska fytogeografického členění spadá oblast do mezofytika (Skalický 1988).

3.2. Charakteristika studijní plochy

Sběr proběhl na lokalitě severně od města Jihlavy. Jde o louku, z větší části obklopenou smíšeným lesem, zbytek sousedí s dalším lučním pozemkem. Výška porostu je značně proměnlivá, jsou zde holá místa, nízké trsy a vysoké bylinné dominanty. Odhadem a sledováním lokality bylo určeno několik nejhojněji se vyskytujících druhů: mochna stříbrná (*Potentilla argentea* L.), jahodník obecný (*Fragaria vesca* L.), lupina mnoholistá (*Lupinus polyphyllus* Lindl.), jetel luční (*Trifolium pratense* L.), jetel zvrhlý (*Trifolium hybridum* L.), štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus* L.), úročník bolhoj (*Anthyllis vulneraria* L.), pupalka dvouletá (*Oenothera biennis* L.), třezalka tečkovaná (*Hypericum perforatum* L.), šťovík menší (*Rumex acetosella* L.), knotovka bílá (*Melandrium album* Garcke), divizna malokvětá (*Verbascum lapsus* L.), kopretina chocholičnatá (*Tanacetum corymbosum* L.), pelyněk černobýl (*Artemis vulgaris* L.), pcháč oset (*Cirsium arvense* L.) (Deyl 2001). Místy se zde vyskytují mělké příkopy zadržující vodu, lokalita však není podmačena.

3.3. Metoda odchyty

Metodou pro získání dat byla modifikace tzv. Moerického misek, tato metoda je založena na odchyty hmyzu do barevných misek naplněných roztokem s příměsí detergentu (snížení povrchového napětí) (Dykyjová-Sajfertová 1989). V tomto případě

bylo používáno misek 5 různých barev – bílé (ČSN¹ 1000), žluté (ČSN 6166), červené (ČSN 8140), modré (ČSN 4410) a zelené (ČSN 5700). Každá miska byla 5 cm hluboká (350 ml), průměr 14 cm. Lokalita byla rozdělena transektem, který vedl napříč studovanou plochou a na kterém bylo rozloženo 10 misek (tzn. 2 barevné sady). V každé polovině plochy, které vznikly umístěným transektem, bylo rozmístěno 10 misek. Pasti byly volně položeny na zemi, okolní vegetace byla upravena tak, aby misky nezastiňovala. Byly zaznamenány druhy rostlin které na lokalitě převažují. Výběr probíhal jednou za dva dny, v období 24.června až 21.července 2012. Celkem proběhlo 13 výběrů. Po každém výběru byly misky přemístěny tak, aby se změnilo umístění barev a byl dodán čerstvý roztok.

3.4. Komentář k metodě odchyty

Zvolená metoda je poměrně nenáročná na technické vybavení, pouze spotřebu vody považují za problematickou. Na 30 misek, použitých v tomto sledování, bylo potřeba 9 litrů roztoku na každou výměnu (tzn. každé dva dny). Tento faktor považují za slabinu celé metody, pokud by měla být použita v odlehlejších, nebo těžko přístupných oblastech. Metoda je neselektivní, jak je patrné z výsledků, do pastí se chytá velká škála hmyzu (a nejen hmyzu). V tomto případě byl odchyt Lepidoptera mnohonásobně nižší než u ostatních skupin. Pokud by bylo potřeba odchyťovat motýli bez ohledu na jejich barevné preference, bylo by vhodné doplnit roztok atraktantem (př. cukr) (Dykyjová–Sajfertová 1989).

3.5. Determinace

Odchycení jedinci byli ukládáni do uzavíratelných plastových sáčků (motýli) a do vzorkovnic s formaldehydem (další hmyz). Každý vzorek byl označen datem a kódem pasti (barva+číslo). Tyto vzorky byly determinovány podle monografií Bělina (2003), Beneše et al. (2002) a Zahradníka (2007). Systematika denních motýlů je převzata z práce Beneše et al. (2002), systematika ostatních skupin hmyzu dle práce Langrové (2010).

¹ ČSN – Česká (resp. Československá) technická norma pro nátěrové hmoty. Číslo odpovídá konkrétnímu definovanému odstínu.

3.6. Analýza dat

Byla sledována celková abundance (závislá proměnná) v každé misce (nezávislé proměnné). Misky byly rozlišovány podle barvy – B, Ž, Č, M, Z a umístění (číselné označení). Získané hodnoty abundance druhů v miskách byly zpracovány ve statistickém programu NCSS 2007 (Dr. Jerry Hintze 1981) pomocí testu ANOVA a přehledně vyjádřeny do grafů.

4. Výsledky

4.1. Druhové složení a počty odchycených jedinců

Během odchyty metodou barevných pastí v dané lokalitě bylo získáno celkem 182 vzorků motýlů, pozorováno bylo 15 druhů ze čtyř čeledí (tabulka 1).

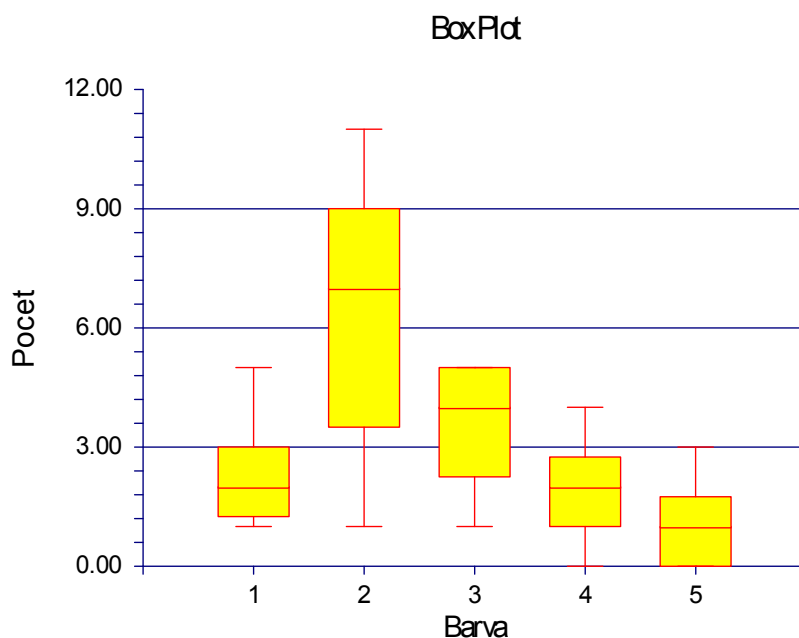
Tabulka 1: Přehled zaznamenaných druhů

Druh	Čeď	Počet
<i>Aglais urticae</i> L. (1758)	Nymphalidae	14
<i>Boloria dia</i> L. (1767)	Nymphalidae	9
<i>Colias hyale</i> L. (1758)	Pieridae	13
<i>Inachis io</i> L. (1758)	Nymphalidae	15
<i>Issoria lathonia</i> L. (1758)	Nymphalidae	10
<i>Lasiommata megera</i> L. (1767)	Satyridae	9
<i>Lycaena phlaeas</i> L. (1761)	Lycaenidae	6
<i>Maniola jurtina</i> L. (1758)	Satyridae	12
<i>Melanargia galathea</i> L. (1758)	Satyridae	9
<i>Nymphalis antiopa</i> L. (1758)	Nymphalidae	5
<i>Pieris brassicae</i> L. (1758)	Pieridae	30
<i>Pieris napi</i> L. (1758)	Pieridae	12
<i>Pieris rapae</i> L. (1758)	Pieridae	11
<i>Vanessa atalanta</i> L. (1758)	Nymphalidae	10
<i>Vanessa cardui</i> L. (1758)	Nymphalidae	17
Celkem		182

4.2. Barevná diskriminace

Výsledná abundance v miskách byla zpracována pomocí statistického testu ANOVA. Faktorem zde byla barva, hladinou pak druh barvy (B, Ž, Z, M, Č). Byla stanovena H_0 : *Ve vzorku není prokazatelná žádná barevná diskriminace, průměry se neliší*. Hypotéza byla testováním zamítnuta ($F= 16.08$, $df = 4$, $P < 0.001$). Na box plotu (graf 1) vidíme grafické znázornění výsledků. Nejvíce hodnot bylo naměřeno u žluté barvy ($n=77$, $\bar{X}=6,42$), nejméně u barvy červené ($n=13$, $\bar{X}=1,08$). Žlutou barvu lze tedy na základě největšího n a průměru považovat za barvu nejvíce preferovanou.

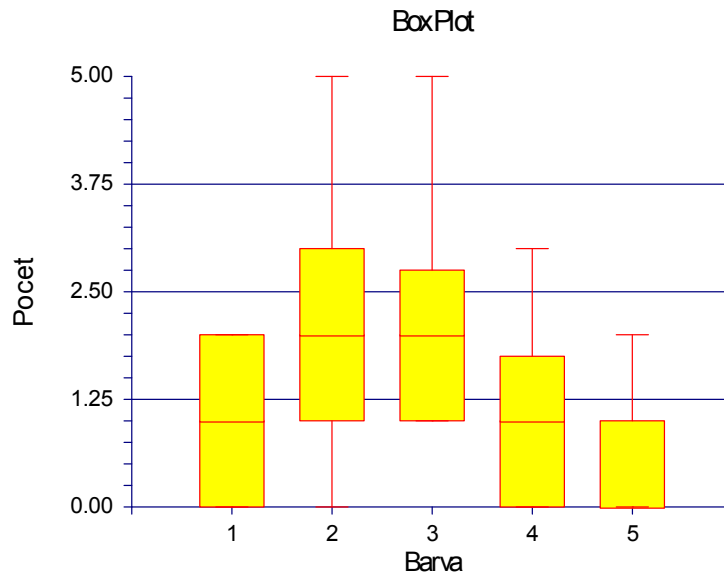
Graf 1: Vyjádření odchyty pro jednotlivé barvy



SE=0,52

1-Bílá ($n=27$, $\bar{X}=2,25$), 2-Žlutá ($n=77$, $\bar{X}=6,42$), 3-Zelená ($n=43$, $\bar{X}=3,58$), 4-Modrá ($n=22$, $\bar{X}=1,83$), 5-Červená ($n=13$, $\bar{X}=1,08$).

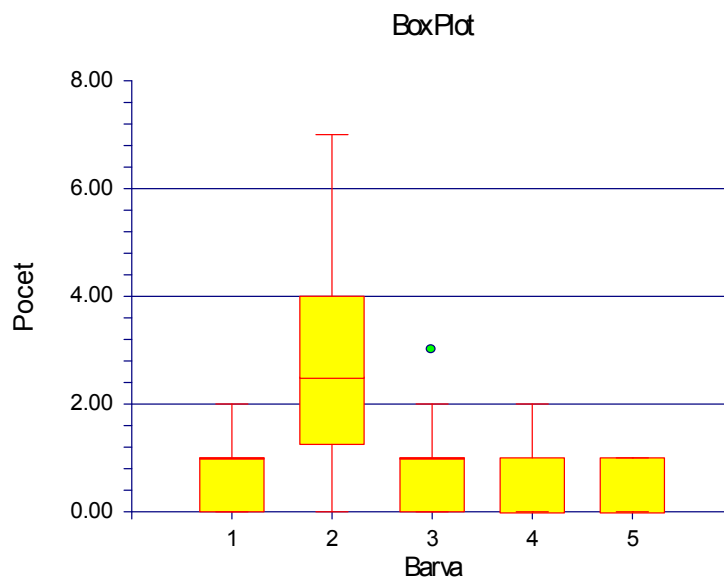
U každé z čeledí byla provedena stejná testová statistika jako u celé skupiny. U Nymphalidae byla H_0 zamítnuta ($F=6.11$, $df=4$, $P < 0.001$). Podle zjištěných hodnot (graf 2) lze žlutou barvu určit jako nejnavštěvovanější během výzkumu. Nejméně byla navštěvovaná červená barva.

Graf 2: Vyjádření odchytu pro jednotlivé barvy - Nymphalidae

SE=0,31

Barvy: 1-Bílá (n=11, \bar{X} =0,91), 2-Žlutá (n=27, \bar{X} =2,25), 3-Zelená (n=25, \bar{X} =2,08), 4-Modrá (n=11, \bar{X} =0,91), 5-Červená (n=6, \bar{X} =0,5).

U čeledi Pieridae byla H_0 zamítnuta ($F=11.12$, $df=4$, $P<0.001$). Nejvíce preferovaná zde byla barva žlutá, nejméně červená (graf 3).

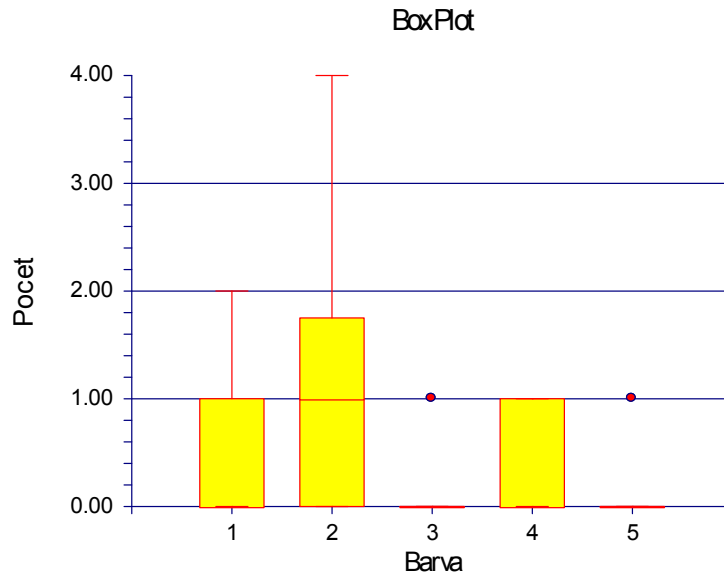
Graf 3: Vyjádření odchytu pro jednotlivé barvy - Pieridae

SE=0,31

Barvy: 1-Bílá (n=8, \bar{X} =0,67), 2-Žlutá (n=34, \bar{X} =2,83), 3-Zelená (n=10, \bar{X} =0,83), 4-Modrá (n=5, \bar{X} =0,41), 5-Červená (n=4, \bar{X} =0,33).

Test u čeledi Satyridae zamítl H_0 ($F=3.51$, $df=4$, $P<0.001$). Nejpreferovanější barvou byla žlutá, nejméně červená a zelená barva (graf 4).

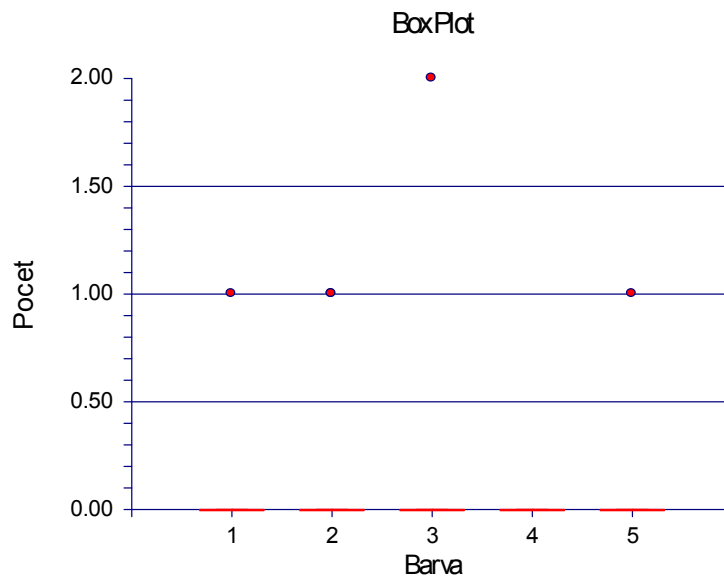
Graf 4: Vyjádření odchytu pro jednotlivé barvy - Satyridae



SE=0,2

1-Bílá ($n=6$, $\bar{X}=0,58$), 2-Žlutá ($n=13$, $\bar{X}=1,08$), 3-Zelená ($n=2$, $\bar{X}=0,16$), 4-Modrá ($n=4$, $\bar{X}=0,33$), 5-Červená ($n=2$, $\bar{X}=0,16$).

Test u čeledě Lycaenidae nezamítá H_0 ($F=0.45$, $df=4$, $P>0.001$). V tomto případě nelze říci, že se dílčí průměry abundancí jednotlivých misek liší a není tedy možno zde prokázat existenci barevné diskriminace (graf 5).

Graf 5: Vyjádření odchytu pro jednotlivé barvy - Lycaenidae

SE=0,1

1-Bílá (n=1, \bar{X} =0,08), 2-Žlutá (n=2, \bar{X} =0,16), 3-Zelená (n=2, \bar{X} =0,16), 4-Modrá (n=0, \bar{X} =0), 5-Červená (n=1, \bar{X} =0,08).

4.3. Druhové složení a počty odchycených jedinců u dalších skupin hmyzu

Během pozorování bylo odchyceno celkem 4662 jedinců z ostatních skupin hmyzu. Celkem bylo zastoupeno 20 čeledí z 6 řádů (tabulka 2).

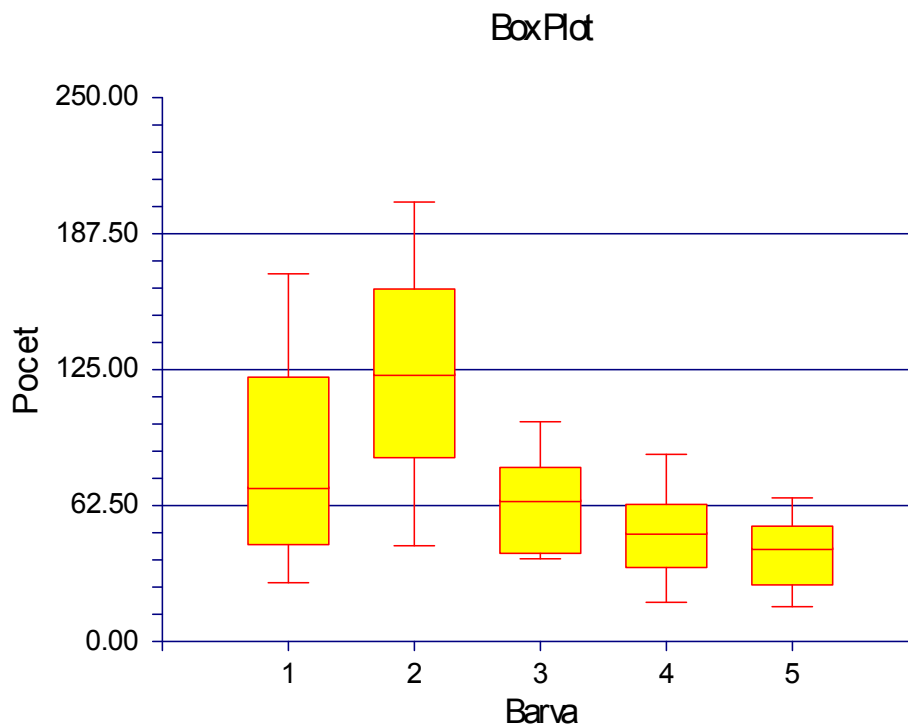
Tabulka 2: Celkové počty odchycených jedinců u jednotlivých řádů hmyzu

Řád	Počet
<i>Coleoptera</i>	986
<i>Diptera</i>	3129
<i>Hemiptera</i>	2
<i>Hymenoptera</i>	310
<i>Orthoptera</i>	234
<i>Raphidioptera</i>	1
Celkem	4662

4.4. Barevná diskriminace u dalších skupin hmyzu

Výsledná abundance v miskách byla zpracována stejně jako v případě skupiny Lepidoptera metodou statistického testu ANOVA. H_0 : *Ve vzorku není prokazatelná žádná barevná diskriminace, průměry se neliší.* Test tuto hypotézu zamítl ($F=14.02$, $df=4$, $P < 0,001$). Na box plot grafu (graf 6) vidíme, že odchyt u žluté barvy je zde největší a lze tedy barvu označit za nejvíce preferovanou. Nejmenší hodnoty nalézáme opět u barvy červené. V porovnání se skupinou Lepidoptera je zde významný posun v preferenci bílé barvy, která je na druhém místě (u Lepidoptera na druhém místě zelená).

Graf 6: Vyjádření odchytů pro jednotlivé barvy – další skupiny hmyzu



SE=8,93

1-Bílá (n=1069, \bar{X} =82,23), 2-Žlutá (n=1618, \bar{X} =124,46), 3-Zelená (n=804, \bar{X} =61,83), 4-Modrá (n=654, \bar{X} =50,30), 5-Červená (n=517, \bar{X} =39,78).

5. Diskuze

Cílem této práce bylo prokázat využitelnost metody Moerického misek pro výzkum barevné diskriminace. Bylo použito misek celkem pěti barev – bílá, žlutá, červená, zelená a modrá. Výsledná data byla testována statistickým programem NCSS 2007, pomocí testu ANOVA. Výsledky ukázaly, že lze na základě získaných dat určit, která z barev je preferovaná. Během tohoto pozorování byla nejvíce preferovanou barvou žlutá a nejméně barva červená.

5.1. Druhové složení a počty odchycených jedinců

Faunistický čtverec dané oblasti udává, že mezi roky 1981 a 2001 zde bylo sledováno 67 druhů denních motýlů (Beneš et al. 2002). Během této práce byl sledován menší počet – 15 druhů. Toto lze vysvětlit tím, že výzkum probíhal na jediné lokalitě a nepokryl proto stanovištní nabídku celé oblasti. Nebyl zaznamenán zástupce žádného zvláště chráněného druhu (Farkač & Král 2005). Celkový počet odchycených jedinců je zřejmě ovlivněn i počasím. Během pozorování byli časté deště a bouřky.

Nejpočetnější byla čeleď Nymphalidae, čítající 7 druhů celkem sledovaných v 80 případech. Nejméně pak čeleď Lycaenidae, zastoupena 1 druhem, který byl celkem zaznamenán v 6 případech. Nejhojnějším druhem byl *Pieris brassicae.*, zaznamenán ve 30 případech. Nejméně se vyskytujícím byla *Nymphalis antiopa*, sledována pouze v 5 případech. Druhová skladba výsledků odpovídá nejhojněji zastoupeným druhům oblasti (Beneš et al. 2002). Většina druhů byla pozorována i během přeletu a lze říci, že se na lokalitě vyskytují hojně. Mimo udané druhy byl pozorován i přelet blíže neurčených druhů z podčeledi Phengaris. Ti ale nebyly odchyceny ani v jednom případě.

5.2. Barevná diskriminace

Z výsledků jednoznačně vyplývá, že je barevná diskriminace prokazatelná metodou Moerického pastí. Nejvíce preferovanou barvou se ukázala žlutá, což odpovídá zjištění dalších autorů (Yurtsever et al. 2010, Reddy et al. 2009, Kelber 2001). Tento trend je způsoben tím, že barvy jevící se lidskému oku jako žluté, mají většinou velkou odrazivost a jsou proto snadno zaznamenávány zeleným typem fotoreceptorů – pigmentů v hmyzím oku. Lze také poukázat na to, že žlutě kvetoucí rostliny v naší přírodě převažují, je tedy pravděpodobný vliv jisté koevoluce mezi opylovačem a rostlinou (Kelber 2001). Dále lze usuzovat, že žluté květy obsahují nejkvalitnější nektar

(Yurtsever et al. 2010). Zelená barva, která se zde ukázala jako druhá nejpreferovanější, působí na červený fotoreceptor a motýli jí vyhledávají hlavně z důvodů kladení vajíček (Kelber 2001, Yurtsever et al. 2010). Červená barva byla nejvíce diskriminovaná. Existuje rozšířená teorie o tom, že motýli nejsou schopni vidět červenou barvu, tomu odpovídá i její poloha v rámci viditelného spektra u motýlů tj. 360-550nm (Wigglesworth 1965). Modrá a bílá barva se pohybují uprostřed pořadí preference udaných barev. Tyto barvy nejsou výrazněji preferovány, ale na druhou stranu nejsou zcela ignorovány. U bílé misky lze předpokládat vliv UV odrazu, který nebyl v tomto případě pro motýli výrazněji atraktivní (Čechmánek 2006). U čeledi Satyridae bílá a modrá barva převažují nad barvou zelenou. Vzhledem k malému počtu odchycených jedinců nelze uspořádání považovat za specifický trend čeledi. S největší pravděpodobností bylo odchyceno více jedinců hledajících potravu, než jedinců vyhledávajících místo pro kladení vajíček. Logicky nelze na každé lokalitě najít stejně početné populace různých druhů a proto nejsou výsledky vyrovnané. Dále se předpokládá, že mezi druhy motýlů jsou rozdíly v samotném vidění, je zde rozmanitost mezi maximální citlivostí týkající se vlnové délky (Yurtsever et al. 2010).

5.3. Využití poznatků o existenci barevné diskriminace

Poznatek o tomto diskriminačním chování je jednoznačně důležitý, co se týče etologie motýlů. Bylo zjištěno, že některé barvy u motýlů vyvolávají konkrétní reakce např. zelená barva u samic vyvolává kladení vajíček (Yurtsever et al. 2010). V minulosti byl vizuální vliv při hledání hostitelské rostliny přehlížen na úkor chemického vlivu čichu. Tato teorie byla v posledních letech určena jako chybná, a vliv zraku dostal svou důležitost (Kelner 2001).

Znalost této vlastnosti u motýlů, lze využít v podpoře a ochraně druhů. Přínosnou vlastností krajiny je její heterogenita, která se s intenzifikací zemědělství ztrácí (Warren & Bourn 2010). Znalost tohoto diskriminačního trendu by byla aplikovatelná v ekologickém zemědělství, nebo při tvorbě nových lokalit tzn. rekultivacích, popř. pokud bychom chtěli nějaký druh na dané lokalitě posílit. Vzhledem k tomu, že u druhové ochrany má svůj velký díl ochrana lokalit, lze pracovat i se zdroji nejvíce preferovaných barev květů. Tato myšlenka je pouze teoretického směru, ale nevidím její propracování a následné praktické využití jako nemožné.

Praktičtější myšlenkou je potom využití tohoto trendu v boji proti škůdcům. U nočních motýlů jsou s velkou úspěšností používány feromonové pasti, v tomto případě je zcela

jasné, že čich bude důležitější než zrak. Ovšem u denních motýlů se nejeví feromonové pasti jako účinné, a proto by bylo vhodné metodu založit na barevném podnětu, tzn. lapače z barevného plastu (ideálně žluté) v kombinaci s čichovým podnětem. Do černých nebo hnědých lapačů se motýli nechytají vůbec, tato barva má výrazný inhibiční účinek na aktivitu (Reddy et al. 2009).

5.4. Druhové složení a počty odchycených jedinců dalších skupin hmyzu

Celkem bylo odchyceno 4662 jedinců dalších skupin hmyzu. Nejpočetnějším řádem byla Diptera s celkovým počtem 3130 jedinců. Jedinci tohoto řádu se živí nektarem a jsou proto považovány za významné opylovače. Vzhledem k jejich vazbě na květ jsou vhodnou skupinou pro výzkum barevné diskriminace (Zahradník 2007) Stejně tak druhy z řádu Hymenoptera jsou potravně vázání na květ. Zástupci tohoto řádu byli pozorováni v 310 případech. U ostatních sledovaných řádů nelze jednoznačně říci, zda jsou druhy závislé na květu. Jedná se spíše o další potravní typy jako např. fytofágní hmyz. Přesto výsledky poukazují na existenci diskriminačního trendu i u těchto skupin. Zastoupení jednotlivých řádů je ovlivněno druhem stanoviště a hustotou jednotlivých populací.

5.5. Barevná diskriminace u ostatních skupin hmyzu

U ostatních skupin hmyzu byl zjištěn stejný trend jako u Lepidoptera. I zde je nejvíce preferovanou barvou barva žlutá. Na rozdíl od předchozí skupiny, se zde setkáváme s vysokou preferencí bílé barvy, a to více než u barvy zelené. Je pravděpodobné, že zde byl hmyz lákán hlavně na UV odraz bílé barvy (Čechmánek & Hrabák 2006). Nejméně preferovanou byla barva červená. Jak bylo zmíněno, očekáváme, že hmyz není schopen tuto barvu vidět. Není pro něj výrazněji atraktivní (Briscoe & Chittka 2001). Znalost tohoto trendu můžeme opět využít v boji proti škůdcům. V řadách hmyzu je člověkem za škůdce označováno velké množství druhů. Správnou kombinací barvy a vhodného atraktantu je možné efektivně škůdce likvidovat. Nelze jednoznačně říci, zda je taková metoda šetrnější než ostatní, třeba chemické metody boje se škůdci, vzhledem k neselektivnosti takových pastí.

6. Závěr

Druhy ze skupiny Lepidoptera řadíme mezi významné opylovače. Zároveň jsou mnohdy člověkem považovány na škůdce. Tato práce byla zaměřena na denní motýly (Rhopalocera). Tato skupina má schopnost barevného vidění a proto byla vybrána pro výzkum barevné diskriminace. Cílem práce bylo prokázat, zda je pro výzkum barevné diskriminace využitelná metoda Moerického pastí v různých barvách (bílá, žlutá, zelená, modrá, červená). Výzkum proběhl na luční lokalitě nedaleko města Jihlavy. Misky byly naplněny vodným roztokem detergentu. Sběr dat proběhl v termínu od 24. 6. – 21. 7. 2012. Celkem v tomto období proběhlo 13 výběrů. Bylo získáno 182 jedinců Lepidoptera a 4662 jedinců z ostatních skupin hmyzu. Výsledná abundance byla hodnocena statistickým testem ANOVA v programu NCSS. Test potvrdil přítomnost barevné diskriminace. Srovnáním pozorovaných čeledí Lepidoptera zjišťujeme u všech stejný diskriminační trend. Z výsledků vyplývá, že nejvíce preferovanou barvou u Rhopalocera je žlutá, dále zelená, nejméně pak červená. Tento trend byl prokázán i u dalších skupin hmyzu, zde byla zajímavá změna. Na druhém místě byla barva bílá, je tedy pravděpodobné, že byl hmyz přitahován UV odrazem misek.

Výsledky jsou shodné s dalšími výzkumy na dané téma, prováděnými různými metodami. Vzhledem k tomu lze metodu Moerického misek považovat za využitelnou a efektivní ve výzkumu barevného vidění u motýlů. Znalost tohoto trendu lze využít v ochraně rostlin proti škůdcům. Výzkumy z poslední doby poukazují na zvýšení efektivity lapačů použitím kombinace vhodné (atraktivní) barvy a čichového podnětu. Tento poznatek nám přináší i další zajímavé informace z etologie Lepidoptera, a lze jej využít i v ochraně či podpoře druhů. Dále lze uvedené zjištění využít pro cílený a efektivní monitoring denních motýlů.

7. Literatura

Bělín V. 2003: Noční motýli České a Slovenské republiky = Nachtfalter der Tschechischen und Slowakischen Republik. 1st ed. Zlín: Kabourek, 260 s.

Beneš J., Konvička M. 2002: Motýli České republiky: Rozšíření a ochrana = Butterflies of the Czech Republic: Distribution and conservation. Vyd. 1. Praha: Společnost pro ochranu motýlů.

Briscoe D. A., Chittka L. 2001: The evolution of color vision in insects. *Annu. Rev. Entomol*,46:471-510.

Čech L. ed al. 2002: Chráněná území ČR; sv. 7. Jihlavsko. Vyd. 1. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky.

Čechmánek Z., Hrabák R. 2006: Život motýlů střední Evropy: populace, ekosystémy, význam. Vyd. 1. V Praze: Granit, 136 s.

Deyl M., Hýsek K. 2001: Naše květiny. Vyd. 3., upr., v Akademii vyd. 1. Praha: Academia. 1 sv.

Dykyjová-Sajfertová, D. 1989: Metody studia ekosystémů. Vyd. 1. Praha: Academia, 690 str.

Farkač J., Král D., Škorpík M. 2005: Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí = Red list of threatened species in Czech Republic. Invertebrates. Vyd. 1. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2005. 758 s.

Kelber A. 2001: Receptor based models for spontaneous colour choices in flies and butterflies. *Entomologia Experimentalis Applicata*, 99:231-244

Kristensen N. 2003: Lepidoptera, moths and butterflies. Berlin: Walter de Gruyter. 564 s.

- Langrová I. 2010: Zoologie bezobratlých. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita, 160 s.
- Laštůvka Z. 1998: Seznam motýlů České a Slovenské republiky = Checklist of Lepidoptera of the Czech and Slovak Republics: (Insecta, Lepidoptera). 1. vyd. Brno: Konvoj, 117 s.
- Laštůvka Z., Liška J. 2010: Seznam motýlů České republiky = Checklist of Lepidoptera of the Czech Republic (Insecta: Lepidoptera), Available on : <http://www.lepidoptera.wz>.
- Moravec J. et al. 1994: Fytocenologie. Academia, Praha. 403 s.
- Novák I. 2005: Motýli. 2. české vyd. Praha: Aventinum, 367 s.
- Novák I., Pokorný V. 2003: Atlas motýlů. Vyd. 1. Praha: Paseka, 85 s.
- Reeves J. 2011: Vision should not be overlooked as an important sensory. *Environmental Entomology*, 40 (4): 855-863.
- Reichholf-riehm H. 2005: Průvodce přírodou. Motýli. Vyd. 3. V Praze: Knižní klub. 287 s.
- Skalický V. 1988: Regionálně fytogeografické členění. In: Hejný S. a Slavík B.: Květena ČSR I., Academia, Praha, s. 103-121.
- Stavenga D. Arikawa K. 2006: Evolution of color and vision butterflies. *Arthropod Structure & Development* 35: 307 – 318.
- Synek S, Skorkovská Š. 2004: Fyziologie oka a vidění. Vyd. 1. Praha: Grada Publishing. 93 s.
- Vedral J. 2006: Česko-anglický slovník jmen motýlů. 1. vyd. Praha: JTP, 44 s.

Warren M., Bourn A.D. 2010 Ten challenges 2010 and blond conserve Lepidoptera in Europe. Springer Science+Business Media B.V. 7 str.

Wigglesworth V. B., 1965: The Principles of Insect Physiology. London:Methuen and CO. CTD., NewYork: E. P. Dotton and CO INC. 741 p.

Yurtsever S., Okyar Z., Guler N. 2010: What color of flowers do Lepidoptera prefer for foraging? *Biologia* Volume 65, Number 6: 1049-1056

Zahradník J. 2007: Hmyz. 2. české vyd. Praha: Aventinum. 326 s.

8. Přílohy

Příloha 1: Přehled stavu počasí během sběru dat

	Teplota °C	Srážky	Obloha	Sběr
24.6.2012	24		jasno	
25.6.2012	19		zataženo	
26.6.2012	20		jasno	485
27.6.2012	22		oblačno	
28.6.2012	23		polojasno	388
29.6.2012	26		jasno	
30.6.2012	28	bouřka	jasno	389
1.7.2012	26		polojasno	
2.7.2012	25	děšť	zataženo	305
3.7.2012	22	bouřka	polojasno	
4.7.2012	23		zataženo	365
5.7.2012	20		zataženo	
6.7.2012	22	bouřka	polojasno	318
7.7.2012	21		oblačno	
8.7.2012	27	bouřka	jasno	316
9.7.2012	20	děšť	zataženo	
10.7.2012	20	děšť	zataženo	196
11.7.2012	25		polojasno	
12.7.2012	20	děšť	zataženo	
13.7.2012	16	děšť	zataženo	422
14.7.2012	21		oblačno	
15.7.2012	20	děšť	oblačno	385
16.7.2012	17	děšť	zataženo	
17.7.2012	18	děšť	zataženo	253
18.7.2012	20		polojasno	
19.7.2012	25		polojasno	460
20.7.2012	22	děšť	zataženo	
21.7.2012	20		polojasno	380

Příloha 2: Lokalita

Průhled lokalitou (22. 7. 2012)

Příloha 3: Lokalita – mapa + transekt