

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie
Studijní obor: Ekologická a evoluční biologie



Ervín Perthen

Globální změna klimatu a změny rozšíření a fenologie vážek (Odonata)
Effect of global climate change on areal and phenology shifts of dragonflies species

Bakalářská práce

Školitel: RNDr. Martin Černý Ph.D.

Praha, 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Hradci Králové 29. 4. 2024

Ervín Perthen

Poděkování

Rád bych poděkoval svému školiteli RNDr. Martinu Černému Ph.D. za vedení a revize této bakalářské práce, stejně tak i za užitečné rady, komentáře a připomínky.

Abstrakt

Klimatická změna v posledních desetiletích ovlivňuje rozšíření i fenologii vážek. Hlavním faktorem, který způsobuje tyto změny, je zvyšování průměrné globální teploty, roli však mají i další činitelé, jako je úbytek habitatů nebo změny ve srážkovém režimu. Vlivem změny klimatu dochází k urychlování fenologických procesů. Můžeme tedy pozorovat rychlejší vývoj vajíček, dřívější emergence dospělých jedinců, delší letovou periodu a také posun ve voltinismu směrem k většímu počtu generací za rok. Dobré disperzní schopnosti umožňují vážkám reagovat na měnící se podmínky prostředí také posuny v rozšíření. Areály většiny druhů se v současné době rozšiřují směrem k pólům. Své areály nejvíce rozšiřují generalisté a druhy schopné využít dočasné vody, specializované druhy s úzkou nikou jsou naopak klimatickou změnou nejvíce ohroženy. Posuny jsou patrné i v altitudinálním rozšíření, zvyšující se teploty umožňují teplomilným druhům expanze do vyšších nadmořských výšek.

Klíčová slova: změna klimatu, vážky, rozšíření, fenologie, teplota, výškový posun

Abstract

Climate change in recent decades affects the distribution and phenology of dragonflies. The main factor causing these changes is the increase in the average global temperature, but other factors, such as loss of habitats or changes in precipitation regime, also play a role. As a result of climate change, phenological processes are accelerating. We can therefore observe a faster egg development rates, an earlier emergence of adults, a longer flight period and also a shift in voltinism towards a greater number of generations per year. Good dispersal abilities allow dragonflies to respond to changing environmental conditions also by shifting their distribution. The ranges of most species are currently expanding towards the poles. Generalists and species capable of using temporary waters expand their ranges the most, while specialized species with a narrow niche are the most threatened by climate change. Shifts are also visible in the altitudinal distribution, increasing temperatures allow warm-adapted species to expand their ranges to higher altitudes.

Keywords: climate change, dragonflies, distribution, phenology, temperature, altitudinal shift

Obsah

1 Úvod	1
2 Změna klimatu.....	2
3 Vážky.....	3
3.1 Zygoptera	4
3.2 Anisoptera	4
4 Změny ve fenologii.....	4
4.1 Vývoj vajíček.....	5
4.2 Vývoj larev	6
4.2.1 Pravděpodobnost přežití.....	6
4.2.2 Velikost larev	7
4.2.3 Emergence.....	8
4.3 Voltinismus.....	9
4.4 Fenologie dospělců	10
4.4.1 Letová perioda.....	10
4.4.2 Velikost těla	11
4.4.3 Vliv teploty na páření.....	12
5 Změny v rozšíření.....	12
5.1 Posun severní hranice areálů.....	12
5.1.1 Srovnání dle typu habitatu	13
5.1.2 Porovnání podřádů Zygoptera a Anisoptera	15
5.2 Posun jižní hranice areálů	15
5.3 Trendy v celkovém rozšíření	16
5.4 Změny altitudinálního rozšíření.....	17
6 Závěr.....	19
7 Použitá literatura.....	20

1 Úvod

Globální změna klimatu, která v je posledních dekadách stále znatelnější, více či méně ovlivňuje téměř všechny organismy na Zemi. Zvyšující se koncentrace skleníkových plynů, spojené se zvyšujícími se průměrnými teplotami a změnami ve srážkovém režimu, úbytek habitatů a mnohé další faktory vyvíjí tlak na organismy, které se musí přizpůsobit měnícím se podmínkám. Výjimku z tohoto pravidla netvoří ani vážky, a proto dnes můžeme pozorovat změny v jejich životních cyklech i rozšíření.

Vážky jsou starobylá skupina hmyzu, která během stovek milionů let své existence přežila mnoho klimatických změn i hromadných vymírání (Resh a Cardé 2009). Jejich dobré letové a disperzní schopnosti jim umožňují dobře reagovat na měnící se podmínky prostředí (Corbet 2004). Evoluční výhodou je i to, že vážky jsou schopné využít velké množství habitatů, a to jak tekoucí, tak stojaté, ale i dočasné vody (Corbet 2004).

Cíle této bakalářské práce bych rozdělil do dvou skupin. Nejprve bych chtěl shrnout, jakým způsobem změna klimatu ovlivňuje fenologii vážek. Změny v rychlosti vývoje larev a vajíček, načasování emergence dospělců, délce letové periody a v dalších součástech životního cyklu vážek, které v posledních desetiletích můžeme pozorovat, velice pravděpodobně s klimatickou změnou přímo souvisí (McCauley et al. 2015; Frances et al. 2017).

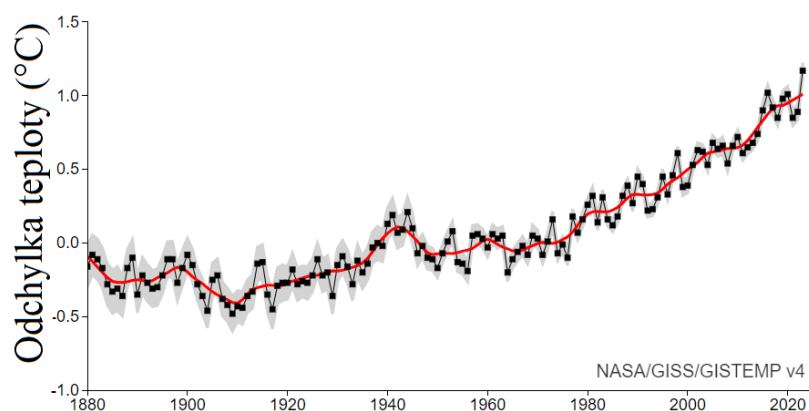
Druhá část práce se bude zabývat tím, jakým způsobem se v kontextu klimatické změny mění rozšíření vážek. Řada druhů se v současné době běžně vyskytuje na místech, kde by před 50 lety bylo obtížně nalézt i jeden exemplář, ale stejně tak můžeme pozorovat i lokální extinkce některých druhů (Hickling et al. 2005; Hassall et al. 2007). Dále bych se chtěl zabývat tím, jakým způsobem se mění druhové složení vážek v různých nadmořských výškách.

Práce si tedy dává za cíl rešeršním způsobem shrnout dosavadní poznatky týkající se efektu klimatické změny na fenologii a rozšíření vážek v celosvětovém kontextu.

2 Změna klimatu

Klima na Zemi se v historii často měnilo, a to z velmi různorodých důvodů, mezi které patří vulkanismus, pohyby a dopady vesmírných těles, změny v odrazivosti a také činnost organismů. V posledních dekádách se však klima mění tempem, které neodpovídá pouze přírodním dějům, ale značnou roli v jeho zrychlení má antropogenní činnost (IPCC 2023). Největší podíl na současném oteplování mají skleníkové plyny a jimi způsobený skleníkový efekt (Houghton 2005; Cadena et al. 2023). Mezi skleníkové plyny řadíme oxid uhličitý (CO₂), oxid siřičitý (SO₂), oxid dusný (N₂O), metan (CH₄), vodní páru (H₂O), ozon (O₃) a další. Na skleníkovém efektu se největší měrou podílí vodní pára (~50 % efektu), následovaná oblačností (~25 %) a CO₂ (~20 %) (Schmidt et al. 2010). Průměrná koncentrace CO₂ v atmosféře se od roku 1980 do roku 2022 zvýšila z 338 ppm na 417 ppm, tedy o 23,3 % (US Department of Commerce 2023), a to právě v důsledku lidské činnosti.

Změna koncentrací plynů v atmosféře má následky v globálním klimatu. Mění se průměrná teplota, množství srážek, zvyšuje se hladina oceánů, taje permafrost a vzrůstá četnost a síla extrémních klimatických jevů, jako jsou vlny veder nebo přivalové deště (Bergstrom et al. 2021). Každý z těchto jevů nějakým způsobem souvisí se zvýšením průměrné globální teploty, která se v porovnání s rokem 1880 zvýšila přibližně o 1,1 °C (Lenssen et al. 2019; GISTEMP Team 2023, viz též obr. 1). Teplota se však nemění všude na Zemi stejnou měrou, například Arktida se v současné době ohřívá rychleji než ostatní části planety, totéž v menší míře platí pro celou severní polokouli. Důvodem této asymetrie je mimo jiné rozdílný poměr pevniny a oceánů na obou polokoulích (Friedman et al. 2013).



Obrázek 1 – graf zobrazující odchylku průměrné globální teploty od stavu mezi lety 1951-1980 (Lenssen et al. 2019; GISTEMP Team 2023)

Zvýšená teplota způsobuje tání ledovců, což má za následek zvýšení hladiny oceánů, změnu salinity a změny v oceánských proudech (Bijma et al. 2013). Je predikováno, že hladina

oceánů se do roku 2100 zvýší o 0,9 – 1,6 m (van de Wal et al. 2022). Rychlost tání je závislá na globální teplotě, a tedy i na koncentraci skleníkových plynů. Nejhorší scénáře, které nepočítají s omezováním produkce emisí, předpovídají zvýšení hladiny až o 10 m v roce 2300 (van de Wal et al. 2022). Rostoucí koncentrace CO₂ má vliv také na pH mořské vody. Predikované snížení o 0,3 – 0,4 stupně pH do roku 2100 bude mít katastrofické dopady na ekosystémy korálových útesů a kalcifikující organismy, čímž budou narušeny celé trofické řetězce (Orr et al. 2005).

S měnící se průměrnou globální teplotou se mění také teplota vody ve sladkovodních ekosystémech. Stojaté i tekoucí vody se v průměru ohřívají velmi podobnou rychlostí, v Evropě přibližně o 0,4 °C za deset let (Michel et al. 2021; Gizińska a Sojka 2023). Ve srovnání s řekami je však teplota stojatých vod více závislá na konkrétních podmínkách v dané lokalitě, v ohřívání stojatých vod tak můžeme pozorovat vyšší míru heterogenity (O'Reilly et al. 2015). Tekoucí i stojaté vody se nejrychleji ohřívají v oblastech mezi 20° a 60° severní šířky (Woolway a Maberly 2020), a zvláště ohroženy jsou tedy oblasti, jako je Evropa, východní Čína nebo Spojené státy Americké (van Vliet et al. 2013).

Dalším z následků je změna srážkového režimu. Oblasti, které jsou již v současnosti velmi deštivé, budou čelit stále silnějším přivalovým dešťům, při kterých spadne vysoké množství srážek za krátký časový úsek, což může způsobovat záplavy nebo erozi půdy (Tabari 2020). Období sucha v suchých oblastech budou naopak stále sušší a budou trvat déle (Dai 2013). To však neznamená, že se ve všech suchých oblastech sníží celkové množství srážek, v některých oblastech, jako je například Sahel nebo Arabský poloostrov, můžeme očekávat nárůst průměrných ročních srážek (IPCC 2023). Ale i v těchto oblastech bude častěji docházet k extrémním srážkám, jejichž pravidelnost se bude snižovat (Tabari 2020).

3 Vážky

Vážky (Odonata) jsou jednou z bazálních linií hmyzu a společně s řádem Ephemeroptera tvoří skupinu Paleoptera. Řád Odonata se skládá ze tří podřádů: Zygoptera, Anisoptera a Anisozygoptera. Podřád Anisozygoptera, který dosáhl největšího rozšíření druhohorách, je ale dnes tvořen pouze čtyřmi asijskými druhy (Nidup et al. 2020).

Larvy vážek jsou dravci, kteří pomocí vymrštitelné masky loví drobné vodní živočichy, zejména korýše a vodní hmyz. Délka trvání larválního stádia se může pohybovat od několika týdnů u některých pionýrských druhů až po 5 let u některých páskovců (Cordulegastridae). Po

dokončení vývoje larvy opouští vodní prostředí a dochází k emergenci dospělců, vážky neprochází stadiem kukly a můžeme je tedy zařadit do hemimetabolního hmyzu (Corbet 2004).

Dospělci jsou zdatní letci, kteří se stejně jako larvy živí výhradně predací. Jejich kořistí bývá další okřídlený hmyz, s jehož detekcí jim pomáhá výborný zrak. Za letu probíhá i páření a u některých druhů i kladení vajíček, která jsou obvykle kladena na vodní rostliny nebo volně do vody (Corbet 2004).

3.1 Zygoptera

Jedinci podřádu Zygoptera (stejnokřídlice) mají dva téměř stejné páry předních a zadních křídel. Ve srovnání s podřádem Anisoptera jsou menší a štíhlejší a jsou také horšími letci. Jejich larvy mají na zadečku tři listovité lamely, které slouží jednak k dýchání, ale jsou také využívány při plavání. Pokud nelétají, tak skládají svá křídla podél těla (Corbet a Brooks 2008).

3.2 Anisoptera

Zástupci podřádu Anisoptera (různokřídlice) mají dva páry křídel, které se liší jak tvarem, tak žilnatinou a i klidu zůstávají rozevřená. Jsou větší a robustnější než stejnokřídlice a jejich oči se na rozdíl od stejnokřídlic často dotýkají nebo jsou velmi blízko u sebe. Jejich larvy jsou také mohutnější a mají vnitřní žábry, které se nachází v zadečku (Corbet a Brooks 2008).

4 Změny ve fenologii

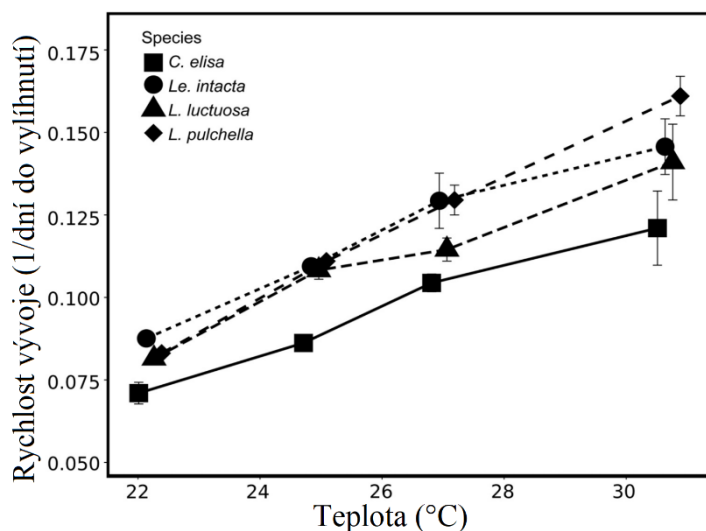
Fenologie se zabývá časovým průběhem periodicky se opakujících životních projevů organismů v závislosti na vnějších vlivech prostředí. V této kapitole bude pojednán vliv změny klimatu, zejména zvýšení průměrné globální teploty, na fenologii vážek (Odonata).

S fenologií vážek souvisí koncept „denních stupňů“ (day degrees). Denní stupeň udává, kolik tepla nad určitou prahovou teplotou akumuluje organismus za jeden den (Sridhar a Reddy 2013). Každý organismus potřebuje k dokončení svého vývoje určitý počet denních stupňů, což

nám, při znalosti denních teplot, umožňuje předpovídat načasování jednotlivých fází životního cyklu vázek (Sridhar a Reddy 2013).

4.1 Vývoj vajíček

Významný faktor, který ovlivňuje vývoj vajíček, je teplota prostředí. Vývoj vajíček hmyzu se s rostoucí teplotou obecně zrychluje, a to až do dosažení druhově specifické maximální teploty, ve které se jejich vývoj zastavuje (Sandehson 1910; Davidson 1944). Studie, která byla provedena na 4 druzích z čeledi Libellulidae (*Celithemis elisa*, *Leucorrhinia intacta*, *Libellula pulchella*, *Libellula luctuosa*) ve vodách temperátního pásu potvrzuje, že toto pravidlo platí i pro vážky (Frances et al. 2017, viz též obr. 2).



Obrázek 2 – graf rychlosti vývoje vajíček v závislosti na teplotě (Frances et al. 2017, upraveno)

Zajímavé je, že mezi reakcemi jednotlivých druhů nejsou patrné velké rozdíly, což rozhodně není obecným pravidlem, některé studie naopak naznačují, že i mezi blízké příbuznými druhy může dojít k velkým rozdílům ve fenologické odpovědi na měnící se podmínky prostředí (Guo et al. 2009; Diamond et al. 2011; CaraDonna et al. 2014). Malé rozdíly mezi jednotlivými druhy ukazuje i další studie, která taktéž zkoumala 4 druhy amerických různokřídlíc (*Erythrodiplax fusca*, *Micrathyria hesperis*, *Perithemis mooma*, *Myathyria simplex*), tentokrát však v tropickém pásu, což potvrzuje, že tato interakce není omezena pouze na temperátní oblasti (Mendonça et al. 2018). Pokud tedy budou jednotlivé druhy na změny prostředí reagovat stejným způsobem, tak i přes rychlejší vývoj vajíček, bude zachováno pořadí, ve kterém se jednotlivé druhy líhnou (Frances et al. 2017). Velké změny v pořadí by vedly k demografickým změnám a potenciálně i k extinkci některých populací (Guo

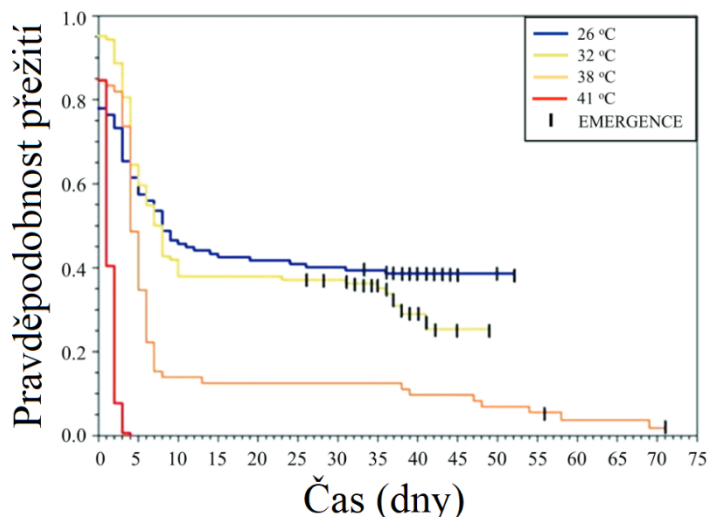
et al. 2009). Jedním z možných následků by bylo obrácení rolí v intragildové predaci (Frances et al. 2017). Z druhů, které dříve plnily roli kořisti, by se při nerovnoměrných změnách v rychlosti vývoje vajíček mohli stát predátoři. To, který druh se stane predátorem totiž závisí také na pořadí, ve kterém se jednotlivé druhy líhnou (Snyder a Hurd 1995). Je ale nutné podotknout, že 8 druhů není dostatečně velký vzorek na vyvození obecných pravidel pro všechny vážky a že některé druhy mohou reagovat jiným způsobem.

Vajíčka všech druhů ve výše zmíněných studiích se vyvíjí ve vodě, mnoho druhů ale klade svá vajíčka i na místa mimo vodu. Šídlatka páskovaná, *Lestes sponsa*, například klade vajíčka do stonků rostlin vyrůstajících z vody (Merritt et al. 1996), šídlo modré, *Aeshna cyanea* zase může ke kladení vajíček využít i vlhký břehový substrát (Merritt et al. 1996). Zvyšující se teploty ovlivňují i vývoj vajíček těchto druhů. V případě šídlatky velké, *Chalcolestes viridis*, která klade svá vajíčka do kůry větviček a kmínků dřevin, dochází při zvyšování teplot k rychlejšímu dokončení vývoje po zimní diapauze (Tyrell 2019). Můžeme tak očekávat, že i larvy tohoto druhu se budou v sezóně líhnout dříve.

4.2 Vývoj larev

4.2.1 Pravděpodobnost přežití

Jeden z faktorů, který negativně ovlivňuje pravděpodobnost přežití larev vážek, je zvyšující se teplota vody (McCauley et al. 2015; Frances et al. 2017). Zvýšení v řádu nižších jednotek stupňů celsia nemusí nezbytně mít drastické dopady, ale při zvýšení k teplotnímu maximu daného druhu (například přibližně 41 °C pro šídélko *Enallagma civile*) se pravděpodobnost přežití začne rychle blížit k nule (Starr a McIntyre 2020, obr. 3). Podle současných klimatických modelů je však dosažení tak vysokých teplot vody velmi nepravděpodobné (Starr a McIntyre 2020).

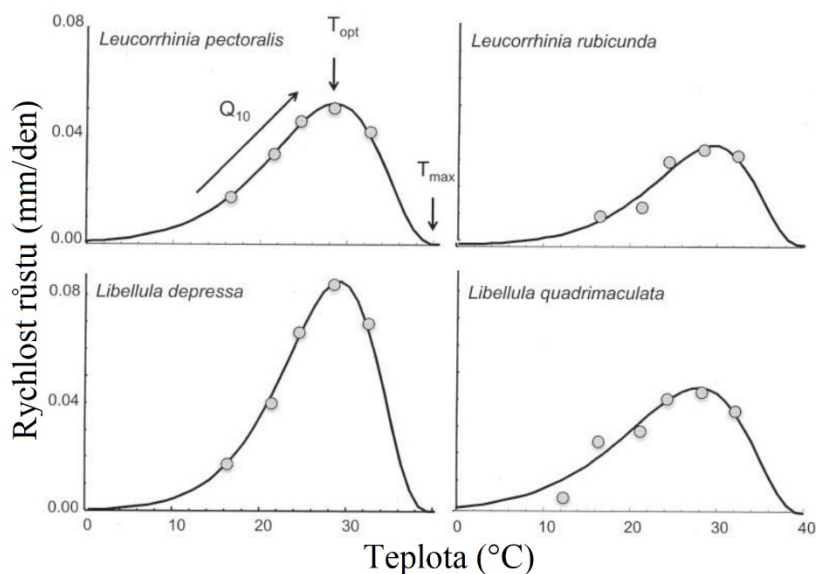


Obrázek 3 – graf pravděpodobnosti přežití larev v závislosti na teplotě (Starr a McIntyre 2020, upraveno)

Pravděpodobnost přežití larev se odráží ve velikosti populace dospělců. Počet přeživších larev a počet dospělců, kteří se úspěšně rozmnoží, však není přímo úměrný. Při nižší hustotě populace se totiž snižuje význam jevů, jako je kompetice nebo kanibalismus (Frances et al. 2017), což má kladný vliv na fitness dospělců. Nelze tedy říci, že tato změna bude mít jednoznačně kladný nebo záporný vliv, ale záleží na vždy konkrétní populaci v konkrétních podmínkách.

4.2.2 Velikost larev

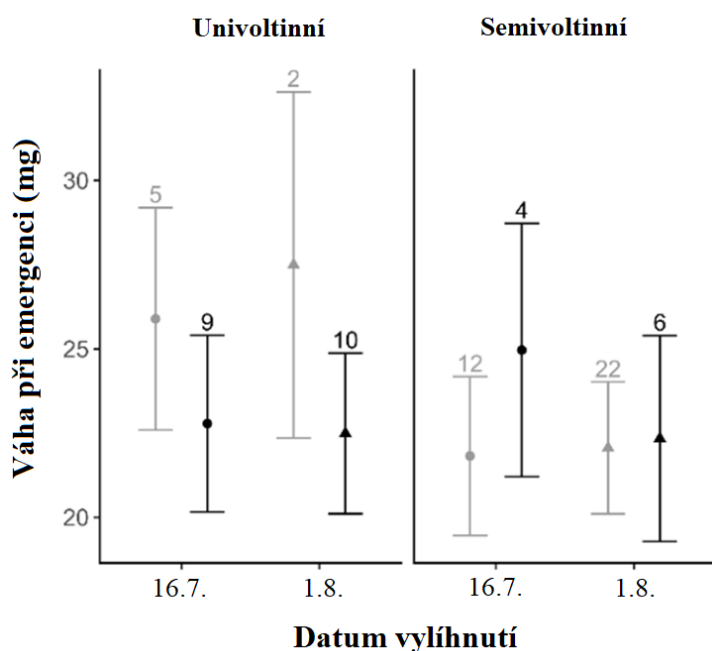
Se zvyšující se teplotou se mění i rychlost růstu a velikost larev vážek. Rychlost růstu nejprve s teplotou roste, ale po dosažení teplotního optima začne klesat a při překročení maximální teploty umožňující růst se zastavuje (Suhling et al. 2015).



Obrázek 4 - graf rychlosti růstu larev v závislosti na teplotě (Suhling et al. 2015, upraveno)

Všechny čtyři druhy z výše uvedené studie, s výjimkou vážky ploské, *Libellula depressa*, která se hojně vyskytuje i subtropích, jsou rozšířené v temperátním pásu, mimo jiné i v České republice, a proto se nedá očekávat dosažení teplot prostředí přesahujících jejich teplotní optima okolo 30 °C, z čehož vyplývá, že můžeme očekávat zrychlení jejich vývoje, a tedy i dřívější emergence dospělců.

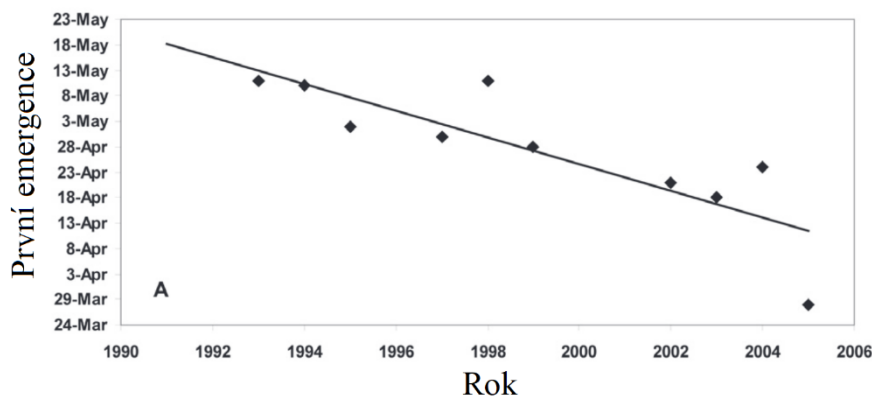
Vliv teploty na velikost larev zatím není zcela jasný. Larvy hmyzu reagují na zvýšené teploty různými způsoby, a to jak zmenšením, zvětšením, tak i zachováním stejné velikosti (Ratte 1985). U vážek konkrétně pak existují studie, které naznačují, že velikost larev se může jak zmenšit (Frances et al. 2017; Starr a McIntyre 2020), tak zvětšit (Johansson 2003; Sniegula et al. 2016). Jedno z možných vysvětlení tohoto nesouladu je odlišnost reakce v závislosti na voltinismu (Raczyński et al. 2022). Univoltinní jedinci šidélka většího, *Ischnura elegans* se s rostoucí teplotou zmenšují, kdežto semivoltinní jedinci rostou (viz obr. 5).



Obrázek 5 – graf závislosti váhy při emergenci na teplotě prostředí. Šedá barva zobrazuje současné podmínky, černá barva zobrazuje oteplení o 4 °C. (Raczyński et al. 2022, upraveno)

4.2.3 Emergence

Logickým následkem zrychleného vývoje vajíček a larev je dřívější emergence dospělců. To potvrzuje i studie provedená na motýlici lesklé, *Calopteryx splendens* a vážce čárkované, *Leucorrhinia dubia* ve Velké Británii (Parr 2010, obr. 6), stejně jako mnohé další studie (Farkas et al. 2012; McCauley et al. 2018).



Obrázek 6 – graf zobrazující posun v první emergenci.

(Parr 2010, upraveno)

Odlíšné načasování emergence dospělců ve spojení se změnami ve velikostech larev zcela jistě ovlivní mnohé interakce, jako například mezidruhovou kompetici (Benke 1978), predaci (Quenta Herrera et al. 2018) a kanibalismus (Crumrine 2010). Dřívější emergence také zvyšuje pravděpodobnost, že populace bude zasažena nepříznivými projevy počasí, jako je například mráz (Augspurger 2013).

4.3 Voltinismus

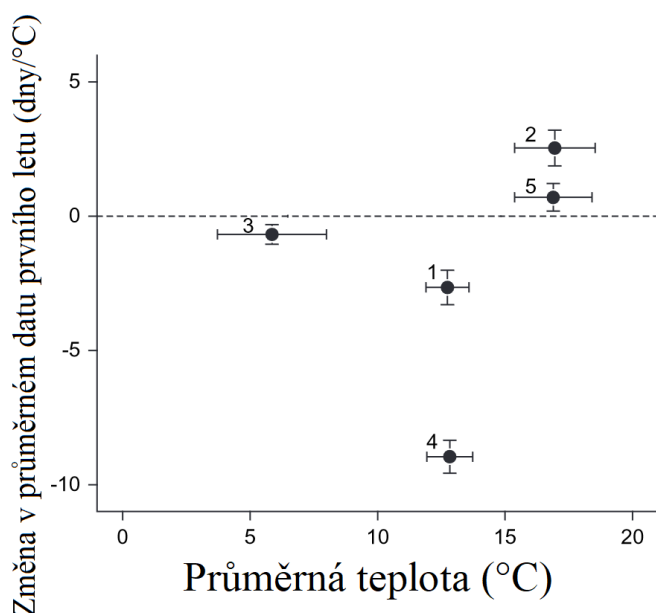
Voltinismus udává počet generací organismu za rok. U váček se počet generací za rok snižuje s rostoucí zeměpisnou šířkou, tropické druhy jsou tedy často bivoltinní nebo multivoltinní, v boreálních oblastech se naopak vyskytují druhy, jejichž životní cyklus trvá několik let (Corbet et al. 2006). Dalším faktorem, který ovlivňuje voltinismus, je typ stanoviště. Druhy žijící v dočasných vodách se zpravidla vyvíjí rychleji než druhy v permanentních vodách. Logickým vysvětlením tohoto jevu je nutnost dokončení vývoje před vyschnutím vodní plochy (Corbet et al. 2006).

V důsledku klimatické změny dochází ke zrychlení životních cyklů váček a tedy i ke zvýšení průměrného počtu generací za rok, což znázorňuje predikční model zpracovaný pro klínatku obecnou, *Gomphus vulgatissimus*, v Evropě (Söndgerath et al. 2012). I přes jisté nepřesnosti je v modelu dobře patrný posun ve voltinismu směrem k více generacím za rok. Ve vyšších zeměpisných šířkách je posun znatelnější, v některých případech došlo ke zrychlení až o dva roky, z pětiletých cyklů na tříleté. Stejný trend popisuje i studie zaměřená na šidélko *Ischnura elegans*. Při zvýšení průměrné teploty vody o 4 °C při laboratorním experimentu se poměr semivoltinních jedinců vůči univoltinním jedincům snížil z přibližně 75 % na 25 % populace (Raczyński et al. 2022).

4.4 Fenologie dospělců

4.4.1 Letová perioda

V obecné rovině by bylo možno říci, že se zvyšující se průměrnou teplotou dochází k urychlení fenologických procesů, a tedy k dřívějšímu zahájení letové periody i k jejímu prodloužení (Hassall et al. 2007). Autoři studie provedené v Nizozemsku však poukazují na to, že efekt teploty je v různých ročních obdobích různý (Dingemanse a Kalkman 2008).



Obrázek 7 – graf zobrazující vliv teploty na datum prvního letu (Dingemanse a Kalkman 2008, upraveno)

- 1 – jarní teplota v předcházejícím roce
- 2 – letní teplota v předcházejícím roce
- 3 – zimní/podzimní teplota
- 4 – jarní teplota
- 5 – letní teplota

Zvýšení jarní teploty způsobilo dřívější zahájení letové periody tím, že zrychlilo vývoj larev, a tedy došlo i k dřívějším emergencím dospělých jedinců (Pilon a Masseau 1984). Podobný, i když ne tak výrazný efekt měla jarní teplota v předchozím roce, která umožnila dřívější depozici vajíček (Hassall et al. 2007). Larvy vylíhnuté z těchto vajíček mají více času na svůj vývoj, a proto v následujícím roce můžeme očekávat dřívější emergence. Zvýšená teplota v letním období naopak způsobila pozdnější zahájení letové periody v následujícím roce. Příliš vysoké teploty mohou mít negativní vliv na rychlost vývoje a pravděpodobnost přežití vajíček a larev (Pilon a Masseau 1984). Jak už ale bylo zmíněno v kapitole 4.4.2, v temperátních oblastech je zvýšení teploty vody nad teplotní optima zdejších druhů velmi nepravděpodobné. Teploty v zimním a podzimním období nemají na letovou periodu vážek

velký vliv. Jakmile totiž teplota klesne pod určitou úroveň, tak dochází k útlumu aktivity larev i vajíček (Dingemanse a Kalkman 2008).

Efekt změny klimatu na konec letové periody je ve srovnání s jejím začátkem méně prozkoumaný. Existují studie, podle kterých nedojde k velkému posunu konce letové periody, protože limitujícím faktorem zde není teplota, ale fotoperioda, která v pozdní části sezóny urychluje vývoj vážek (Hassall et al. 2007). Larvy i dospělci v pozdní části sezóny vykazují vyšší míru aktivity, která je spojená s vyšší mortalitou (Johansson a Rowe 1999). Pro rychlejší dokončení svého vývoje jsou totiž nuceni podstupovat větší rizika, což vede k tomu, že se více jedinců stane kořistí predátorů a také k větší míře kanibalismu (Johansson a Rowe 1999).

Jiné studie však ukazují, že dochází k výraznému prodlužování letové periody i na jejím konci (Patten a Benson 2023). Letová perioda některých druhů z této studie se na konci prodloužila více než na začátku. Jako hlavní faktor těchto změn byla identifikována zvyšující se průměrná teplota, která umožňuje dospělcům přežít i v chladnějších podzimních měsících. Podobné změny byly pozorovány i u jiných skupin hmyzu, jako jsou například motýli (Michielini et al. 2021) a mšice (Bell et al. 2015).

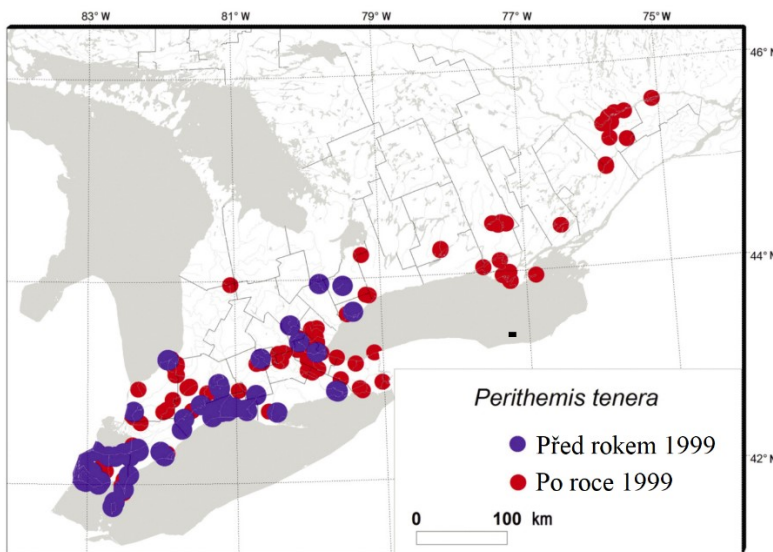
4.4.2 Velikost těla

Pro ektotermní živočichy ve většině případů platí pravidlo „hotter is smaller“, tedy že rostoucí teploty způsobují menší velikost těla dospělých jedinců (Sibly a Atkinson 1994; Kingsolver a Huey 2008). Mnohé studie provedené na vážkách však naznačují, že vážky se rostoucí teplotou nezmenšují vůbec (McCauley et al. 2018; 2015), nebo že ke zmenšování dochází, ale jen při tak radikálním zvýšení teploty (o více než 10 °C) (Starr a McIntyre 2020), které nelze v souvislosti se změnou klimatu očekávat.

Jediná oblast, ve které byly zaznamenány signifikantní změny, je poměr velikosti předních křídel a šířky hlavy. Vážky z prostředí s vyšší teplotou měly relativně menší křídla (McCauley et al. 2018), což může negativně ovlivnit například jejich disperzní schopnosti (Conrad et al. 2002) nebo velikost jejich areálů (Rundle et al. 2007). Nutno však podotknout, že stejní autoři došli ve své jiné starší práci k závěru, že ani velikost křídel se ve vyšších teplotách nemění (McCauley et al. 2015). Lze tak shrnout, že klimatická změna nebude mít zásadní vliv na velikost těla dospělých jedinců, i přesto však může ovlivnit jejich letové schopnosti.

Vážky obecně mají velmi dobrou schopnost disperse a jejich letové schopnosti jim umožňují následovat měnící se klima. Jejich rozšíření by se tedy mělo řídit především aktuálními podmínkami a dostupností zdrojů (Corbet 2004). Vzhledem k tomu, že klimatická změna je spojena s nárůstem teplot, můžeme předpokládat, že hranice areálů většiny druhů se budou rozšiřovat směrem k pólům (Hickling et al. 2005; Hassall et al. 2007).

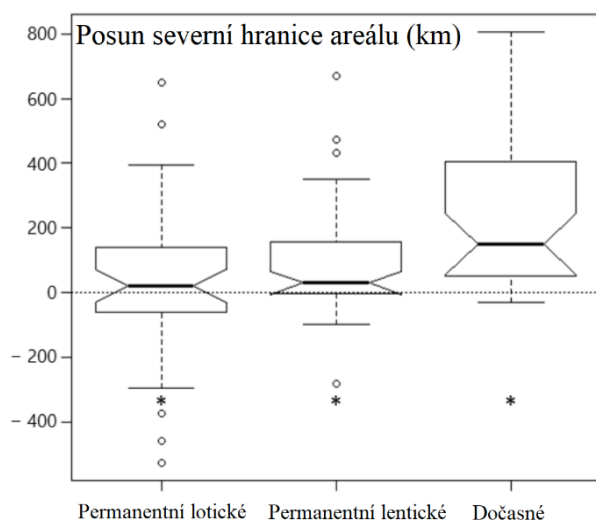
Typickým příkladem tohoto jevu je expanze různokřídlic *Perithemis tenera* a *Pachydiplax longipennis* v jižním Ontariu. Zvyšující se průměrná teplota, která se mezi lety 1960 a 2014 v této oblasti zvýšila o 1,1 °C, umožnila jedincům těchto druhů během necelých dvaceti let výrazně rozšířit severní hranici svého areálu (Catling 2016, obr. 9).



Obrázek 9 – mapa zobrazující výskyt *Perithemis tenera* v jižním Ontariu (Catling 2016, upraveno)

5.1.1 Srovnání dle typu habitatu

Typy habitatů, ve kterých se vážky vyskytují, můžeme rozdělit na lotické a lentické, dále pak také na dočasné a permanentní. Jisté změny byly pozorovány ve všech typech habitatů, ne ve všech však probíhají stejným způsobem (Grewe et al. 2013; Olsen et al. 2022b, viz obr. 10).



Obrázek 10 – graf znázorňující posun severních hranic areálů vážek v Evropě v závislosti na typu habitatu (Olsen et al. 2022b, upraveno).

U druhů žijících v permanentních tekoucích vodách byl ve srovnání s ostatními typy habitatů pozorován menší posun severní hranice areálu. Důvodů, proč tomu tak je, lze nalézt hned několik. Lotické druhy jsou obvykle více specializované a mají menší areály, v některých případech jsou vázané jen na jeden konkrétní typ mikrohabitatu (Olsen et al. 2022b). Jejich larvy mají řadu adaptací, jako například zploštělé tělo, redukovaný počet tykadlových článků a úzké zadečkové přívěšky, které jim umožňují lépe odolat proudění vody. Tyto adaptace, které jsou však v jiném typu prostředí kompetičně nevýhodné, a navíc často spojené s omezenou schopností plavat, jim znesnadňují osidlování nových habitatů (Olsen et al. 2022b).

To, že specializované druhy s úzkými nikami jsou obecně více ohroženy klimatickou změnou, ukazuje i další studie na vážkách v Kalifornii (Ball-Damerow et al. 2014). Většina specializovaných druhů v této oblasti zaznamenala mezi lety 1914 a 2013 pokles populací a některých případech i lokální extinkce. Generalisté ve stejném období své areály naopak rozšířili (Ball-Damerow et al. 2014). Stejný trend ukazují i studie provedené na motýlech (Warren et al. 2001) a ptácích (Davey et al. 2012).

V Evropě a Severní Americe lze také pozorovat, že se směrem k pólům snižuje poměr lotických vůči lentickým druhům (Hof et al. 2006). Jedno z možných vysvětlení je, že lentické druhy s lepšími disperzními schopnostmi rychleji kolonizovaly dříve zaledněná území. Přesné důvody tohoto jevu však zatím nejsou plně objasněny, kromě disperzních schopností totiž rozšíření ovlivňují i další faktory, jako například geografické překážky nebo dostupnost vhodných habitatů (Hof et al. 2006; 2012).

Druhy žijící v permanentních stojatých vodách zaznamenaly ve srovnání s lotickými druhy větší posun severní hranice areálu, největší posun byl však pozorován u druhů dočasných stojatých vod. Lentické druhy jsou častěji generalisté, kteří jsou schopni využít větší množství nik (Olsen et al. 2022b). Nižší stabilita lentických habitatů také selektuje na lepší disperzní

schopnosti, které plynou z nutnosti nalezení nového habitatu v případě, že ten současný zanikne (Hof et al. 2006; 2012). Vážky dočasných vod také obvykle mají rychlejší vývoj a větší množství generací za rok (Corbet et al. 2006), což jim umožňuje lépe reagovat na rychle se měnící podmínky prostředí.

Je ale nutné zmínit, že mnoho druhů vážek není vázáno pouze na tekoucí nebo pouze na stojaté vody. Právě tyto druhy, jako například šídlo královské, *Anax imperator* nebo vážka červená, *Crocothemis erythraea*, které mají široké niky a jsou schopné využít velké množství habitatů, dosáhly největších posunů hranic svých areálů směrem k pólům (Ott 2010; Olsen et al. 2022b). Další „komplikací“, která znesnadňuje hodnocení šíření vzhledem k typu habitatu, je i skutečnost, že některé druhy v okrajových částech expandujícího areálu obsazují i úplně netypické/odlišné habitáty, než jaké preferují v těžišti svého rozšíření. Příkladem je třeba klasicky říční druh klínatka západní, *Gomphus pulchellus*, která při svém šíření Evropou východním směrem na nových územích obsazuje i stojaté vody (pískovny, rybníky) (Müller a Suhling 1990).

5.1.2 Porovnání podřádů Zygoptera a Anisoptera

Ve srovnání s různokřídlicemi (Anisoptera) se areály stejnokřídlic (Zygoptera) zvětšují pomaleji (Olsen et al. 2022a). Jejich slabší disperzní schopnosti jim totiž znesnadňují překonávání velkých geografických překážek, jako je Středozevní nebo Severní moře. Všechny tři tropické druhy (*Orthetrum sabina*, *Orthetrum taeniolatum* a *Trithemis kirbyi*), které se mezi lety 1988 a 2010 rozšířily do Evropy, patří do podřádu Anisoptera, což ukazuje, že překonat poušť Sahara a Středozevní moře je pro stejnokřídlice přinejmenším velmi obtížné (Olsen et al. 2022a).

5.2 Posun jižní hranice areálů

Na rozdíl od severních hranic se zdá, že jižní hranice areálů nejsou přímo závislé na zvyšujících se teplotách (MacArthur 1984; Termaat et al. 2019). Velký vliv na jejich posuny však má mnoho dalších faktorů spojených s klimatickou změnou, jako je například degradace habitatů, rychlejší vysychání vodních ploch nebo zvýšená kompetice kvůli expandujícím druhům (Termaat et al. 2019).

Studie provedená ve Velké Británii ukazuje, že k posunům na jižních hranicích areálů dochází, ale že tento posun není ve srovnání s posunem severní hranice tak výrazný (Hickling et al. 2005). Velký posun jižní hranice areálu na sever zaznamenaly především druhy vyskytující se na severu, které jsou adaptované na chladnější podmínky. Do této skupiny patřily také jediné 2 druhy (šídlo horské, *Aeshna caerulea* a vážka čárkovaná, *Leucorrhinia dubia*) z 37 zkoumaných, jejichž celkový areál se zmenšil (Hickling et al. 2005). To, že posun jižní hranice není ve srovnání se severní hranicí tak výrazný, ale může být částečně zkresleno tím, že prokázat extinkci druhu na daném území je obtížnější než zaznamenat jeho expanzi (Hickling et al. 2005).

5.3 Trendy v celkovém rozšíření

V posledních desetiletích dochází k rozšiřování areálů většiny druhů vážek (Termaat et al. 2019; Bowler et al. 2021). V Evropě byl zaznamenán pozitivní trend v tropické, mediterrání, euroasijské i boreo-alpínské biogeografické skupině vážek (Olsen et al. 2022a). Největší expanze byla pozorována u druhů adaptovaných na vyšší teploty (Conze et al. 2010), pozitivní vliv ale měly i další faktory, jako je brzké zahájení letové periody a dlouhá křídla (Bowler et al. 2021). Není proto velkým překvapením, že jedním z nejúspěšnějších druhů je již dříve zmíněné šídlo královské, *Anax imperator*, které splňuje všechna tři kritéria (Bowler et al. 2021).

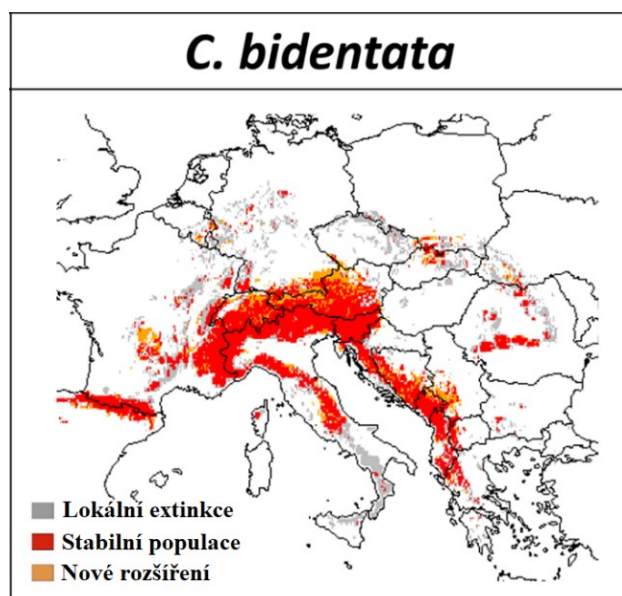
Vážky, jejichž areály se zmenšují, naopak často bývají chladnomilné druhy obývající vřesoviště nebo rašeliniště, jako je například vážka tmavá, *Sympetrum danae* a šídélko kopovité, *Coenagrion hastulatum* (Bowler et al. 2021). Další evropské druhy, jejichž areály se zmenšily jsou šídélko jarní, *Coenagrion lunulatum* a vážka běločelá, *Leucorrhinia albifrons*, dva boreo-alpínské druhy žijící v oligotrofních vodách, které v důsledku klimatické změny přichází o vhodné habitaty (Olsen et al. 2022a). V boreo-alpínské skupině vážek bylo zaznamenáno nejvíce druhů, jejichž areál se zmenšil, přesto však stále převažuje počet boreo-alpínských druhů, jejichž areál se rozšířil (Olsen et al. 2022a).

Lze tak shrnout, že vážky jsou na měnící se klima dobře adaptované a mnohým druhům vyšší teploty umožňují výrazné rozšíření svých areálů. Ztráta vhodných habitatů a kompetiční tlak expandujících druhů jsou naopak hlavní faktory, které způsobují zmenšování areálů některých, převážně chladnomilných druhů (Hickling et al. 2005; Termaat et al. 2019; Olsen et al. 2022a).

5.4 Změny altitudinálního rozšíření

V měnícím se altitudinálním rozšíření vážek existují podobné trendy jako v rozšíření latitudinálním. V horských oblastech je možné pozorovat, jak zvyšující se teploty, spojené s ohříváním horských jezer, umožňují teplomilným druhům rozšiřovat své areály do vyšších nadmořských výšek (Oertli 2010). Vyšší teploty způsobují také tání horských ledovců, čímž dochází k formování nových habitatů, ale také ke změnám v habitatech současných. Vyšší hladina vody v horských jezerech způsobená zrychleným táním ledovců může například znemožňovat růst některých vodních rostlin (Hoffmann 2010). Druhům, které v současné době obývají tyto měnící se horské habitaty, hrozí zmenšování jejich areálů a v některých případech i extinkce (Oertli 2010). Jednou z možných reakcí na měnící se podmínky prostředí je přesun do vyšších nadmořských výšek (Shah et al. 2012).

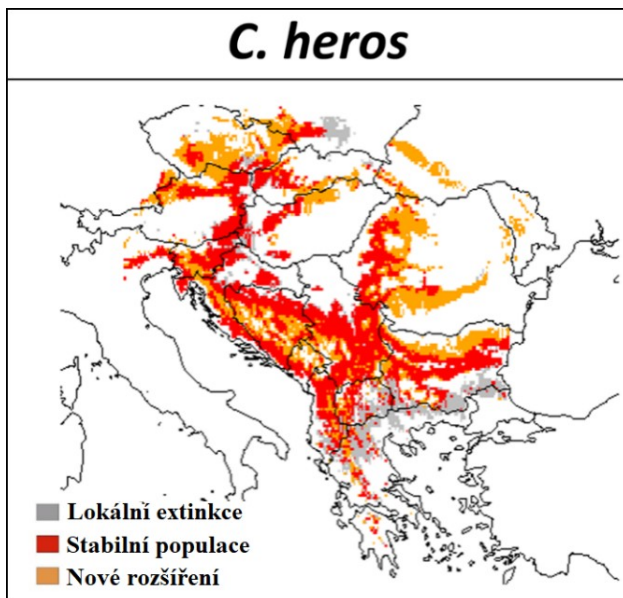
Efekt klimatické změny lze velmi dobře ukázat příkladech dvou druhů páskovců *Cordulegaster bidentata* a *Cordulegaster heros*. Autoři studie provedené v Evropě (Fekete et al. 2023) zpracovali model, který ukazuje, jakým způsobem se do roku 2070 změní rozšíření těchto druhů, pokud se globální klima bude měnit dle reprezentativního směru vývoje koncentrací 4.5, který do konce 21. století počítá se zvýšením globální průměrné teploty o 1,1 – 2,6 °C ve srovnání s teplotou v období mezi lety 1986 a 2005 (IPCC 2015).



Obrázek 11 – mapa zobrazující modelový výskyt *Cordulegaster bidentata* v roce 2070 (Fekete et al. 2023, upraveno)

Páskovec dvojzubý, *Cordulegaster bidentata*, je druh vázaný na prameniště (Lang et al. 2001; Smallshire a Swash 2020). Při daném zvýšení globální průměrné teploty můžeme

očekávat, že dojde celkovému zmenšení areálu a k lokální extinkci *C. bidentata* v oblastech, jako je střední Německo nebo jižní Itálie, ve kterých není možný přesun do vyšších nadmořských výšek (Fekete et al. 2023). Ve vysokohorských oblastech, jako jsou například Alpy nebo Pyreneje, kde přesun do vyšších nadmořských výšek možný je, lze očekávat stabilní vývoj populace (Fekete et al. 2023).



Obrázek 12 – mapa zobrazující modelový výskyt *Cordulegaster heros* v roce 2070 (Fekete et al. 2023, upraveno)

V případě páskovce velkého, *Cordulegaster heros*, který se vyskytuje v méně prudkých tocích v nižších polohách (Lang et al. 2001), lze naopak očekávat rozšíření areálu, a to mimo jiné i do vyšších nadmořských výšek, což je dobře patrné například v Dinárských horách (Fekete et al. 2023). Celkový areál na modelu ale není zcela přesný, jelikož v některých oblastech může být výskyt *C. heros* limitován výskytem jiných druhů s velmi podobnou nikou, jako je například *Cordulegaster boltonii* v České republice (Fekete et al. 2023). I v případě *C. heros* ale můžeme pozorovat lokální extinkce, které jsou spojené s klimatickou změnou, byť v podstatně menším rozsahu. Je pravděpodobné, že extinkce na jižní hranici areálu jsou způsobené nízkými srážkami a celkovým nedostatkem vody (Fekete et al. 2023).

S expanzí teplomilných druhů je spojen také růst lokální biodiverzity vážek v horských oblastech (Oertli 2010). Studie provedená ve Švýcarsku ukazuje, že v subalpínských jezerech se do konce 21. století průměrný počet druhů zvýší ze 6 na 8-11 a v alpínských jezerech, kde dnes často žije jen jediný druh, se může zvýšit až trojnásobně (Oertli 2010).

6 Závěr

Cílem této práce bylo shrnout, jakým způsobem klimatická změna ovlivňuje fenologii a rozšíření vážek.

V obecné rovině je možno říci, že se zvyšující se průměrnou teplotou dochází k urychlování fenologických procesů. Zvyšující se rychlost vývoje larev a vajíček má za následek dřívější emergence dospělých jedinců a dřívější emergence pak způsobují dřívější zahájení letové periody vážek. S rostoucí teplotou se mění také voltinismus, dochází ke zvyšování počtu generací za rok, které je více patrné ve vyšších zeměpisných šířkách (Söndgerath et al. 2012).

Na vážky kromě zvyšujících se teplot působí i další faktory klimatické změny, jako je změna ve srážkovém režimu a úbytek habitatů, které ovlivňují jejich rozšíření. Jejich dobré disperzní schopnosti jim ale umožňují následovat měnící se klima, a proto je dnes možné pozorovat velké posuny v hranicích areálů. Areály většiny druhů se v současné době zvětšují, a to zejména směrem k pólům (Bowler et al. 2021). Mezi skupiny vážek, jejichž areály se rozšiřují nejrychleji, patří generalisté a druhy schopné využít i dočasné vody (Olsen et al. 2022b). Specializované druhy s úzkou nikou jsou naopak klimatickou změnou nejvíce ohroženy (Olsen et al. 2022b).

Trendy v altitudinálním rozšíření jsou velmi podobné těm v rozšíření latitudinálním. Zvyšující se teploty umožňují teplomilným druhům rozšiřovat své areály do vyšších nadmořských výšek (Oertli 2010). Druhy, které se dříve vyskytovaly v těchto horských habitatech, jsou pod tlakem měnících se podmínek a zvýšené kompetice nuceny k přesunu do ještě vyšších nadmořských výšek. V oblastech, kde z důvodu absence vhodných habitatů není tento přesun možný, jsou tyto druhy ohroženy extinkcí (Fekete et al. 2023).

7 Použitá literatura

AUGSPURGER, Carol K., 2013. Reconstructing patterns of temperature, phenology, and frost damage over 124 years: Spring damage risk is increasing. *Ecology* [online]. **94**(1), 41–50. ISSN 1939-9170. Dostupné z: doi:10.1890/12-0200.1

BALL-DAMEROW, Joan E., Leithen K. M'GONIGLE a Vincent H. RESH, 2014. Changes in occurrence, richness, and biological traits of dragonflies and damselflies (Odonata) in California and Nevada over the past century. *Biodiversity and Conservation* [online]. **23**(8), 2107–2126. ISSN 1572-9710. Dostupné z: doi:10.1007/s10531-014-0707-5

BASSON, Christine H., Ofir LEVY, Michael J. ANGILLETTA JR a Susana CLUSELLA-TRULLAS, 2017. Lizards paid a greater opportunity cost to thermoregulate in a less heterogeneous environment. *Functional Ecology* [online]. **31**(4), 856–865. ISSN 1365-2435. Dostupné z: doi:10.1111/1365-2435.12795

BELL, James R., Lynda ALDERSON, Daniela IZERA, Tracey KRUGER, Sue PARKER, Jon PICKUP, Chris R. SHORTALL, Mark S. TAYLOR, Paul VERRIER a Richard HARRINGTON, 2015. Long-term phenological trends, species accumulation rates, aphid traits and climate: five decades of change in migrating aphids. *Journal of Animal Ecology* [online]. **84**(1), 21–34. ISSN 1365-2656. Dostupné z: doi:10.1111/1365-2656.12282

BENKE, Arthur C., 1978. Interactions Among Coexisting Predators--A Field Experiment with Dragonfly Larvae. *Journal of Animal Ecology* [online]. **47**(2), 335–350. ISSN 0021-8790. Dostupné z: doi:10.2307/3787

BERGSTROM, Dana M., Barbara C. WIENECKE, John VAN DEN HOFF, Lesley HUGHES, David B. LINDENMAYER, Tracy D. AINSWORTH, Christopher M. BAKER, Lucie BLAND, David M. J. S. BOWMAN, Shaun T. BROOKS, Josep G. CANADELL, Andrew J. CONSTABLE, Katherine A. DAFFORN, Michael H. DEPLEDGE, Catherine R. DICKSON, Norman C. DUKE, Kate J. HELMSTEDT, Andrés HOLZ, Craig R. JOHNSON, Melodie A. MCGEOCH, Jessica MELBOURNE-THOMAS, Rachel MORGAIN, Emily NICHOLSON, Suzanne M. PROBER, Ben RAYMOND, Euan G. RITCHIE, Sharon A. ROBINSON, Katinka X. RUTHROF, Samantha A. SETTERFIELD, Carla M. SGRÒ, Jonathan S. STARK, Toby TRAVERS, Rowan TREBILCO, Delphi F. L. WARD, Glenda M. WARDLE, Kristen J. WILLIAMS, Phillip J. ZYLSTRA a Justine D. SHAW, 2021. Combating ecosystem collapse from the tropics to the Antarctic. *Global Change Biology* [online]. **27**(9), 1692–1703. ISSN 1365-2486. Dostupné z: doi:10.1111/gcb.15539

BIJMA, Jelle, Hans-O. PÖRTNER, Chris YESSON a Alex D. ROGERS, 2013. Climate change and the oceans – What does the future hold? *Marine Pollution Bulletin* [online]. **74**(2), The Global State of the Ocean; Interactions Between Stresses, Impacts and Some Potential Solutions. Synthesis papers from the International Programme on the State of the Ocean 2011 and 2012 Workshops, 495–505. ISSN 0025-326X. Dostupné z: doi:10.1016/j.marpolbul.2013.07.022

BOWLER, Diana E., David EICHENBERG, Klaus-Jürgen CONZE, Frank SUHLING, Kathrin BAUMANN, Theodor BENKEN, André BÖNSEL, Torsten BITTNER, Arne DREWS, André GÜNTHER, Nick J.B. ISAAC, Falk PETZOLD, Marcel SEYRING, Torsten SPENGLER, Bernd TROCKUR, Christoph WILLIGALLA, Helge BRUELHEIDE, Florian JANSEN a Aletta BONN, 2021. Winners and losers over 35 years of dragonfly and damselfly

distributional change in Germany. *Diversity and Distributions* [online]. **27**(8), 1353–1366. ISSN 1366-9516, 1472-4642. Dostupné z: doi:10.1111/ddi.13274

CADENA, John T., Jean-Pierre BOUDOT, Vincent J. KALKMAN a Leon MARSHALL, 2023. Impacts of climate change on dragonflies and damselflies in West and Central Asia. *Diversity and Distributions* [online]. **29**(7), 912–925. ISSN 1472-4642. Dostupné z: doi:10.1111/ddi.13704

CARADONNA, Paul J., Amy M. ILER a David W. INOUE, 2014. Shifts in flowering phenology reshape a subalpine plant community. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [online]. **111**(13), 4916–4921. Dostupné z: doi:10.1073/pnas.1323073111

CATLING, Paul M., 2016. Climate Warming as an Explanation for the Recent Northward Range Extension of Two Dragonflies, *Pachydiplax longipennis* and *Perithemis tenera*, into the Ottawa Valley, Eastern Ontario. *The Canadian Field-Naturalist* [online]. **130**(2), 122–132. ISSN 0008-3550. Dostupné z: doi:10.22621/cfn.v130i2.1846

CLUSELLA-TRULLAS, Susana, Tim M. BLACKBURN a Steven L. CHOWN, 2011. Climatic Predictors of Temperature Performance Curve Parameters in Ectotherms Imply Complex Responses to Climate Change. *The American Naturalist* [online]. **177**(6), 738–751. ISSN 0003-0147. Dostupné z: doi:10.1086/660021

CONRAD, Kelvin F., Karen H. WILLSON, Katherine WHITFIELD, Ian F. HARVEY, Chris J. THOMAS a Thomas N. SHERRATT, 2002. Characteristics of dispersing *Ischnura elegans* and *Coenagrion puella* (Odonata): age, sex, size, morph and ectoparasitism. *Ecography* [online]. **25**(4), 439–445. ISSN 1600-0587. Dostupné z: doi:10.1034/j.1600-0587.2002.250406.x

CONZE, Klaus-Jürgen, Nina GRÖNHAGEN, Mathias LOHR a Norbert MENKE, 2010. Trends in occurrence of thermophilous dragonfly species in North Rhine-Westphalia (NRW). *BioRisk* [online]. **5**, 31–45. ISSN 1313-2652. Dostupné z: doi:10.3897/biorisk.5.841

CORBET, Philip S., 2004. *Dragonflies: Behaviour and Ecology of Odonata*. B.m.: Harley Books. ISBN 978-0-946589-77-7.

CORBET, Philip S. a S. J. BROOKS, 2008. *Dragonflies*. B.m.: HarperCollins. ISBN 978-0-00-715169-1.

CORBET, Philip S., Frank SUHLING a Dagmar SOENDGERATH, 2006. Voltinism of Odonata: a review. *International Journal of Odonatology* [online]. **9**(1), 1–44. ISSN 1388-7890, 2159-6719. Dostupné z: doi:10.1080/13887890.2006.9748261

CRUMRINE, Patrick W., 2010. Body size, temperature, and seasonal differences in size structure influence the occurrence of cannibalism in larvae of the migratory dragonfly, *Anax junius*. *Aquatic Ecology* [online]. **44**(4), 761–770. ISSN 1573-5125. Dostupné z: doi:10.1007/s10452-010-9314-z

DAI, Aiguo, 2013. Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature Climate Change* [online]. **3**(1), 52–58. ISSN 1758-6798. Dostupné z: doi:10.1038/nclimate1633

DAVEY, Catherine M., Dan E. CHAMBERLAIN, Stuart E. NEWSON, David G. NOBLE a Alison JOHNSTON, 2012. Rise of the generalists: evidence for climate driven homogenization in avian communities. *Global Ecology and Biogeography* [online]. **21**(5), 568–578. ISSN 1466-8238. Dostupné z: doi:10.1111/j.1466-8238.2011.00693.x

DAVIDSON, J., 1944. On the Relationship between Temperature and Rate of Development of Insects at Constant Temperatures. *Journal of Animal Ecology* [online]. **13**(1), 26–38. ISSN 0021-8790. Dostupné z: doi:10.2307/1326

DIAMOND, Sarah E., Alicia M. FRAME, Ryan A. MARTIN a Lauren B. BUCKLEY, 2011. Species' traits predict phenological responses to climate change in butterflies. *Ecology* [online]. **92**(5), 1005–1012. ISSN 1939-9170. Dostupné z: doi:10.1890/10-1594.1

DINGEMANSE, Niels J. a Vincent J. KALKMAN, 2008. Changing temperature regimes have advanced the phenology of Odonata in the Netherlands. *Ecological Entomology* [online]. **33**(3), 394–402. ISSN 1365-2311. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2311.2007.00982.x

FARKAS, Anna, Tibor JAKAB, Albert TÓTH, Attila Ferenc KALMÁR a György DÉVAI, 2012. Emergence patterns of riverine dragonflies (Odonata: Gomphidae) in Hungary: variations between habitats and years. *Aquatic Insects* [online]. **34**(sup1), 77–89. ISSN 0165-0424. Dostupné z: doi:10.1080/01650424.2012.643030

FEKETE, Judit, Geert DE KNIJF, Marco DINIS, Judit PADISÁK, Pál BODA, Edvárd MIZSEI a Gábor VÁRBÍRÓ, 2023. Winners and Losers: Cordulegaster Species under the Pressure of Climate Change. *Insects* [online]. **14**(4), 348. ISSN 2075-4450. Dostupné z: doi:10.3390/insects14040348

FRANCES, D.N., J.Y. MOON a S.J. MCCAULEY, 2017. Effects of environmental warming during early life history on libellulid odonates. *Canadian Journal of Zoology* [online]. **95**(6), 373–382. ISSN 0008-4301. Dostupné z: doi:10.1139/cjz-2016-0233

FRIEDMAN, Andrew R., Yen-Ting HWANG, John C. H. CHIANG a Dargan M. W. FRIERSON, 2013. Interhemispheric Temperature Asymmetry over the Twentieth Century and in Future Projections. *Journal of Climate* [online]. **26**(15), 5419–5433. ISSN 0894-8755, 1520-0442. Dostupné z: doi:10.1175/JCLI-D-12-00525.1

GISTEMP TEAM, 2023. Data.GISS: GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP v4). *Data.GISS: GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP v4)* [online] [vid. 2023-11-14]. Dostupné z: <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>

GIZIŃSKA, Joanna a Mariusz SOJKA, 2023. How Climate Change Affects River and Lake Water Temperature in Central-West Poland—A Case Study of the Warta River Catchment. *Atmosphere* [online]. **14**(2), 330. ISSN 2073-4433. Dostupné z: doi:10.3390/atmos14020330

GREWE, Yannic, Christian HOF, D. Matthias DEHLING, Roland BRANDL a Martin BRÄNDLE, 2013. Recent range shifts of European dragonflies provide support for an inverse relationship between habitat predictability and dispersal. *Global Ecology and Biogeography* [online]. **22**(4), 403–409. ISSN 1466-8238. Dostupné z: doi:10.1111/geb.12004

GUO, Kun, Shu-Guang HAO, Osbert Jianxin SUN a Le KANG, 2009. Differential responses to warming and increased precipitation among three contrasting grasshopper species. *Global Change Biology* [online]. **15**(10), 2539–2548. ISSN 1365-2486. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2486.2009.01861.x

HASSALL, Christopher, David J. THOMPSON, Graham C. FRENCH a Ian F. HARVEY, 2007. Historical changes in the phenology of British Odonata are related to climate. *Global Change Biology* [online]. **13**(5), 933–941. ISSN 1365-2486. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2486.2007.01318.x

HICKLING, Rachael, David B. ROY, Jane K. HILL a Chris D. THOMAS, 2005. A northward shift of range margins in British Odonata. *Global Change Biology* [online]. **11**(3), 502–506. ISSN 1365-2486. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2486.2005.00904.x

HOF, Christian, Martin BRÄNDLE a Roland BRANDL, 2006. Lentic odonates have larger and more northern ranges than lotic species. *Journal of Biogeography* [online]. **33**(1), 63–70. ISSN 1365-2699. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2699.2005.01358.x

HOF, Christian, Martin BRÄNDLE, D. Matthias DEHLING, Mariana MUNGUÍA, Roland BRANDL, Miguel B. ARAÚJO a Carsten RAHBEK, 2012. Habitat stability affects dispersal and the ability to track climate change. *Biology Letters* [online]. **8**(4), 639–643. Dostupné z: doi:10.1098/rsbl.2012.0023

HOFFMANN, Joachim, 2010. Do climate changes influence dispersal and population dynamics of dragonflies in the western Peruvian Andes? *BioRisk* [online]. **5**, 47–72. ISSN 1313-2652. Dostupné z: doi:10.3897/biorisk.5.842

HOUGHTON, John, 2005. Global warming. *Reports on Progress in Physics* [online]. **68**(6), 1343–1403. ISSN 0034-4885, 1361-6633. Dostupné z: doi:10.1088/0034-4885/68/6/R02

CHESSMAN, Bruce C., 2020. Behavioural thermoregulation by Australian freshwater turtles: interspecific differences and implications for responses to climate change. *Australian Journal of Zoology* [online]. **67**(2), 94–105. ISSN 1446-5698. Dostupné z: doi:10.1071/ZO20004

IPCC, 2015. *Climate change 2014: synthesis report*. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change. ISBN 978-92-9169-143-2.

IPCC, 2023. *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [online]. 1. vyd. B.m.: Cambridge University Press [vid. 2023-11-20]. ISBN 978-1-00-915789-6. Dostupné z: doi:10.1017/9781009157896

JOHANSSON, Frank, 2003. Latitudinal shifts in body size of *Enallagma cyathigerum* (Odonata). *Journal of Biogeography* [online]. **30**(1), 29–34. ISSN 1365-2699. Dostupné z: doi:10.1046/j.1365-2699.2003.00796.x

JOHANSSON, Frank a Locke ROWE, 1999. Life History and Behavioral Responses to Time Constraints in a Damselfly. *Ecology* [online]. **80**(4), 1242–1252. ISSN 1939-9170. Dostupné z: doi:10.1890/0012-9658(1999)080[1242:LHABRT]2.0.CO;2

KINGSOLVER, JG a Raymond HUEY, 2008. Size, temperature, and fitness: Three rules. *Evolutionary Ecology Research*. **10**, 251–268.

LANG, C., H. MÜLLER a J. A. WARINGER, 2001. Larval habitats and longitudinal distribution patterns of *Cordulegaster heros* Theischinger and *C. bidentata* Sélys in an Austrian forest stream (Anisoptera: Cordulegastridae). *Odonatologica*. **30**(4), 395–409. ISSN 0375-0183.

LENSSEN, Nathan J. L., Gavin A. SCHMIDT, James E. HANSEN, Matthew J. MENNE, Avraham PERSIN, Reto RUEDY a Daniel ZYSS, 2019. Improvements in the GISTEMP Uncertainty Model. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* [online]. **124**(12), 6307–6326. ISSN 2169-897X, 2169-8996. Dostupné z: doi:10.1029/2018JD029522

MACARTHUR, Robert H., 1984. *Geographical Ecology: Patterns in the Distribution of Species*. B.m.: Princeton University Press. ISBN 978-0-691-02382-3.

MARCELLINO, Bianca J. L., Peri YEE, Shannon J. MCCAULEY a Rosalind L. MURRAY, 2024. Too hot to handle: male dragonflies decrease time spent mating at higher temperatures. *Animal Behaviour* [online]. **207**, 109–118. ISSN 0003-3472. Dostupné z: doi:10.1016/j.anbehav.2023.10.007

MCCAULEY, Shannon J., John I. HAMMOND, Dachin N. FRANCES a Karen E. MABRY, 2015. Effects of experimental warming on survival, phenology, and morphology of an aquatic insect (Odonata). *Ecological Entomology* [online]. **40**(3), 211–220. ISSN 1365-2311. Dostupné z: doi:10.1111/een.12175

MCCAULEY, Shannon J., John I. HAMMOND a Karen E. MABRY, 2018. Simulated climate change increases larval mortality, alters phenology, and affects flight morphology of a dragonfly. *Ecosphere* [online]. **9**(3), e02151. ISSN 2150-8925. Dostupné z: doi:10.1002/ecs2.2151

MENDONÇA, F. Z., J. V. BERNARDY, C. E. K. OLIVEIRA, P. B. G. OLIVEIRA a P. DE MARCO, 2018. Temperature Effect on the Development of Tropical Dragonfly Eggs. *Neotropical Entomology* [online]. **47**(4), 484–491. ISSN 1678-8052. Dostupné z: doi:10.1007/s13744-017-0546-7

MERRITT, Robert, N. W. MOORE a Brian C. EVERSHAM, 1996. *Atlas of the dragonflies of Britain and Ireland*. London: HMSO: Centre for Ecology and Hydrology, Natural Environment Research Council. ITE research publication, no. 9. ISBN 978-0-11-701561-6.

MICHEL, Adrien, Carl Love Mikael RÅMAN VINNÅ, Damien BOUFFARD, Jannis EPTING, Hendrik HUWALD, Bettina SCHAEFLI, Martin SCHMID a Alfred Johnny WÜEST, ed., 2021. *Evolution of stream and lake water temperature under climate change*. B.m.: Federal Office for the Environment (FOEN).

MICHIELINI, James P., Erik B. DOPMAN a Elizabeth E. CRONE, 2021. Changes in flight period predict trends in abundance of Massachusetts butterflies. *Ecology Letters* [online]. **24**(2), 249–257. ISSN 1461-0248. Dostupné z: doi:10.1111/ele.13637

MÜLLER, Lutz a Frank SUHLING, 1990. Verbreitung und Ökologie der Westlichen Keiljungfer *Gomphus pulchellus* Sélys, 1840. *Südostniedersachsen (Odonata: Gomphidae)*. *Braun schweiger Naturkundliche Schriften*. **3**, 655–667.

NIDUP, Tshering, Dawa Tshering TAMANG, Sonam TOBGAY, Ram Chandra BAJGAI, Sonam WANGMO, Tandin DORJI a Karma WANGCHUK, 2020. Abundance and Distribution of Threatened Epiophle - bia laidlawi Tillyard, 1921 (Odonata: Epiophlebitidae) in Eastern Bhutan. *Sherub Doenme: The Research Journal of Sherubtse College* [online]. **13**(1) [vid. 2024-03-24]. ISSN 2308-5452. Dostupné z: <https://jr.sherubtse.edu.bt/index.php/sd/article/view/9>

OERTLI, Beat, 2010. The local species richness of Dragonflies in mountain waterbodies: an indicator of climate warming? *BioRisk* [online]. **5**, 243–251. ISSN 1313-2652. Dostupné z: [doi:10.3897/biorisk.5.853](https://doi.org/10.3897/biorisk.5.853)

OLSEN, Kent, Jens-Christian SVENNING a Henrik BALSLEV, 2022a. Climate Change Is Driving Shifts in Dragonfly Species Richness across Europe via Differential Dynamics of Taxonomic and Biogeographic Groups. *Diversity* [online]. **14**(12), 1066. ISSN 1424-2818. Dostupné z: [doi:10.3390/d14121066](https://doi.org/10.3390/d14121066)

OLSEN, Kent, Jens-Christian SVENNING a Henrik BALSLEV, 2022b. Niche Breadth Predicts Geographical Range Size and Northern Range Shift in European Dragonfly Species (Odonata). *Diversity* [online]. **14**(9), 719. ISSN 1424-2818. Dostupné z: [doi:10.3390/d14090719](https://doi.org/10.3390/d14090719)

O'REILLY, Catherine M., Sapna SHARMA, Derek K. GRAY, Stephanie E. HAMPTON, Jordan S. READ, Rex J. ROWLEY, Philipp SCHNEIDER, John D. LENTERS, Peter B. MCINTYRE, Benjamin M. KRAEMER, Gesa A. WEYHENMEYER, Dietmar STRAILE, Bo DONG, Rita ADRIAN, Mathew G. ALLAN, Orlane ANNEVILLE, Lauri ARVOLA, Jay AUSTIN, John L. BAILEY, Jill S. BARON, Justin D. BROOKES, Elvira DE EYTO, Martin T. DOKULIL, David P. HAMILTON, Karl HAVENS, Amy L. HETHERINGTON, Scott N. HIGGINS, Simon HOOK, Lyubov R. IZMEST'EVA, Klaus D. JOEHNK, Kulli KANGUR, Peter KASPRZAK, Michio KUMAGAI, Esko KUUSISTO, George LESHKEVICH, David M. LIVINGSTONE, Sally MACINTYRE, Linda MAY, John M. MELACK, Doerthe C. MUELLER-NAVARRA, Mikhail NAUMENKO, Peeter NOGES, Tiina NOGES, Ryan P. NORTH, Pierre-Denis PLISNIER, Anna RIGOSI, Alon RIMMER, Michela ROGORA, Lars G. RUDSTAM, James A. RUSAK, Nico SALMASO, Nihar R. SAMAL, Daniel E. SCHINDLER, S. Geoffrey SCHLADOW, Martin SCHMID, Silke R. SCHMIDT, Eugene SILOW, M. Evren SOYLU, Katrin TEUBNER, Piet VERBURG, Ari VOUTILAINEN, Andrew WATKINSON, Craig E. WILLIAMSON a Guoqing ZHANG, 2015. Rapid and highly variable warming of lake surface waters around the globe. *Geophysical Research Letters* [online]. **42**(24), 10,773-10,781. ISSN 1944-8007. Dostupné z: [doi:10.1002/2015GL066235](https://doi.org/10.1002/2015GL066235)

ORR, James C., Victoria J. FABRY, Olivier AUMONT, Laurent BOPP, Scott C. DONEY, Richard A. FEELY, Anand GNANADESIKAN, Nicolas GRUBER, Akio ISHIDA, Fortunat JOOS, Robert M. KEY, Keith LINDSAY, Ernst MAIER-REIMER, Richard MATEAR, Patrick MONFRAY, Anne MOUCHET, Raymond G. NAJJAR, Gian-Kasper PLATTNER, Keith B. RODGERS, Christopher L. SABINE, Jorge L. SARMIENTO, Reiner SCHLITZER, Richard D. SLATER, Ian J. TOTTERDELL, Marie-France WEIRIG, Yasuhiro YAMANAKA a Andrew YOOL, 2005. Anthropogenic ocean acidification over the twenty-

first century and its impact on calcifying organisms. *Nature* [online]. **437**(7059), 681–686. ISSN 1476-4687. Dostupné z: doi:10.1038/nature04095

OTT, Jürgen, 2010. Dragonflies and climatic change - recent trends in Germany and Europe. *BioRisk* [online]. **5**, 253–286. ISSN 1313-2652. Dostupné z: doi:10.3897/biorisk.5.857

PARR, Adrian, 2010. Monitoring of Odonata in Britain and possible insights into climate change. *BioRisk* [online]. **5**, 127–139. ISSN 1313-2652, 1313-2644. Dostupné z: doi:10.3897/biorisk.5.846

PATTEN, Michael A. a Brittany Rae BENSON, 2023. A broader flight season for Norway's Odonata across a century and a half. *Oikos* [online]. **2023**(9), e09882. ISSN 1600-0706. Dostupné z: doi:10.1111/oik.09882

PILON, J.-G. a M. J. MASSEAU, 1984. The effect of temperature on egg development in Zygoptera: a preliminary discussion. *Advances in odonatology*. **2**(1), 177–193. ISSN 0168-0161.

QUENTA HERRERA, Estefania, Jérôme CASAS, Olivier DANGLES a Sylvain PINCEBOURDE, 2018. Temperature effects on ballistic prey capture by a dragonfly larva. *Ecology and Evolution* [online]. **8**(8), 4303–4311. ISSN 2045-7758. Dostupné z: doi:10.1002/ece3.3975

RACZYŃSKI, Mateusz, Robby STOKS, Frank JOHANSSON, Kamil BARTOŃ a Szymon SNIĘGULA, 2022. Phenological Shifts in a Warming World Affect Physiology and Life History in a Damselfly. *Insects* [online]. **13**(7), 622. ISSN 2075-4450. Dostupné z: doi:10.3390/insects13070622

RATTE, Hans T., 1985. Temperature and Insect Development. In: Klaus H. HOFFMANN, ed. *Environmental Physiology and Biochemistry of Insects* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer, s. 33–66 [vid. 2023-11-28]. ISBN 978-3-642-70020-0. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-642-70020-0_2

RESH, Vincent H. a Ring T. CARDÉ, 2009. *Encyclopedia of Insects*. B.m.: Academic Press. ISBN 978-0-08-092090-0.

RUNDLE, Simon D., David T. BILTON, John C. ABBOTT a Andrew FOGGO, 2007. Range size in North American Enallagma damselflies correlates with wing size. *Freshwater Biology* [online]. **52**(3), 471–477. ISSN 1365-2427. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2427.2006.01712.x

SANDEHSON, Dwlght E., 1910. The Relation of Temperature to the Growth of Insects. *Journal of Economic Entomology* [online]. **3**(2), 113–140. ISSN 1938-291X, 0022-0493. Dostupné z: doi:10.1093/jee/3.2.113

SHAH, Ram Devi Tachamo, Deep NARAYAN SHAH a Sami DOMISCH, 2012. Range shifts of a relict Himalayan dragonfly in the Hindu Kush Himalayan region under climate change scenarios. *International Journal of Odonatology* [online]. **15**(3), 209–222. ISSN 1388-7890, 2159-6719. Dostupné z: doi:10.1080/13887890.2012.697399

SCHMIDT, Gavin A., Reto A. RUEDY, Ron L. MILLER a Andy A. LACIS, 2010. Attribution of the present-day total greenhouse effect. *Journal of Geophysical Research*:

Atmospheres [online]. **115**(D20) [vid. 2023-11-14]. ISSN 2156-2202. Dostupné z: doi:10.1029/2010JD014287

SIBLY, R. M. a D. ATKINSON, 1994. How Rearing Temperature Affects Optimal Adult Size in Ectotherms. *Functional Ecology* [online]. **8**(4), 486–493. ISSN 0269-8463. Dostupné z: doi:10.2307/2390073

SMALLSHIRE, Dave a Andy SWASH, 2020. *Europe's Dragonflies: A Field Guide to the Damselflies and Dragonflies*. B.m.: Princeton University Press. ISBN 978-0-691-16895-1.

SNIEGULA, Szymon, Maria J. GOLAB a Frank JOHANSSON, 2016. A large-scale latitudinal pattern of life-history traits in a strictly univoltine damselfly. *Ecological Entomology* [online]. **41**(4), 459–472. ISSN 1365-2311. Dostupné z: doi:10.1111/een.12314

SNYDER, W. E. a L. E. HURD, 1995. Egg-hatch phenology and intraguild predation between two mantid species. *Oecologia* [online]. **104**(4), 496–500. ISSN 1432-1939. Dostupné z: doi:10.1007/BF00341347

SÖNDGERATH, Dagmar, Janin RUMMLAND a Frank SUHLING, 2012. Large spatial scale effects of rising temperatures: modelling a dragonfly's life cycle and range throughout Europe. *Insect Conservation and Diversity* [online]. **5**(6), 461–469. ISSN 1752-4598. Dostupné z: doi:10.1111/j.1752-4598.2011.00182.x

SRIDHAR, V. a Poluru Venkatarami REDDY, 2013. Use of Degree Days and Plant Phenology: A Reliable Tool for Predicting Insect Pest Activity Under Climate Change Conditions. In: *Climate-Resilient Horticulture: Adaptation and Mitigation Strategies* [online]. s. 287–294. ISBN 978-81-322-0973-7. Dostupné z: doi:10.1007/978-81-322-0974-4_25

STARR, S M a N E MCINTYRE, 2020. Effects of Water Temperature Under Projected Climate Change on the Development and Survival of *Enallagma civile* (Odonata: Coenagrionidae). *Environmental Entomology* [online]. **49**(1), 230–237. ISSN 0046-225X. Dostupné z: doi:10.1093/ee/nvz138

SUHLING, Frank, Ida SUHLING a Otto RICHTER, 2015. Temperature response of growth of larval dragonflies – an overview. *International Journal of Odonatology* [online]. **18**(1), 15–30. ISSN 1388-7890, 2159-6719. Dostupné z: doi:10.1080/13887890.2015.1009392

TABARI, Hossein, 2020. Climate change impact on flood and extreme precipitation increases with water availability. *Scientific Reports* [online]. **10**(1), 1–10. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-020-70816-2

TERMAAT, Tim, Arco J. VAN STRIEN, Roy H. A. VAN GRUNSVEN, Geert DE KNIJF, Ulf BJELKE, Klaus BURBACH, Klaus-Jürgen CONZE, Philippe GOFFART, David HEPPEL, Vincent J. KALKMAN, Grégory MOTTE, Marijn D. PRINS, Florent PRUNIER, David SPARROW, Gregory G. VAN DEN TOP, Cédric VANAPPELGHEM, Michael WINTERHOLLER a Michiel F. WALLISDEVRIES, 2019. Distribution trends of European dragonflies under climate change. *Diversity and Distributions* [online]. **25**(6), 936–950. ISSN 1472-4642. Dostupné z: doi:10.1111/ddi.12913

TYRELL, Mark, 2019. Hatching of submerged eggs of *Chalcolestes viridis* (Vander Linden) (Willow Emerald Damselfly). *Journal of the British Dragonfly Society*. **35**(2), 39–47.

US DEPARTMENT OF COMMERCE, NOAA, 2023. *Global Monitoring Laboratory - Carbon Cycle Greenhouse Gases* [online] [vid. 2023-11-14]. Dostupné z: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/global.html>

VAN DE WAL, R. S. W., R. J. NICHOLLS, D. BEHAR, K. MCINNES, D. STAMMER, J. A. LOWE, J. A. CHURCH, R. DECONTO, X. FETTWEIS, H. GOELZER, M. HAASNOOT, I. D. HAIGH, J. HINKEL, B. P. HORTON, T. S. JAMES, A. JENKINS, G. LECOZANNET, A. LEVERMANN, W. H. LIPSCOMB, B. MARZEION, F. PATTYN, A. J. PAYNE, W. T. PFEFFER, S. F. PRICE, H. SEROUSSI, S. SUN, W. VEATCH a K. WHITE, 2022. A High-End Estimate of Sea Level Rise for Practitioners. *Earth's Future* [online]. **10**(11), e2022EF002751. ISSN 2328-4277. Dostupné z: doi:10.1029/2022EF002751

VAN VLIET, Michelle T. H., Wietse H. P. FRANSSSEN, John R. YEARSLEY, Fulco LUDWIG, Ingjerd HADDELAND, Dennis P. LETTENMAIER a Pavel KABAT, 2013. Global river discharge and water temperature under climate change. *Global Environmental Change* [online]. **23**(2), 450–464. ISSN 0959-3780. Dostupné z: doi:10.1016/j.gloenvcha.2012.11.002

WARREN, M. S., J. K. HILL, J. A. THOMAS, J. ASHER, R. FOX, B. HUNTLEY, D. B. ROY, M. G. TELFER, S. JEFFCOATE, P. HARDING, G. JEFFCOATE, S. G. WILLIS, J. N. GREATOREX-DAVIES, D. MOSS a C. D. THOMAS, 2001. Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. *Nature* [online]. **414**(6859), 65–69. ISSN 1476-4687. Dostupné z: doi:10.1038/35102054

WOOLWAY, R. Iestyn a Stephen C. MABERLY, 2020. Climate velocity in inland standing waters. *Nature Climate Change* [online]. **10**(12), 1124–1129. ISSN 1758-6798. Dostupné z: doi:10.1038/s41558-020-0889-7