

TRNAVSKÁ UNIVERZITA V TRNAVE
PEDAGOGICKÁ FAKULTA

32028

HODNOTENIE REZISTENCIE KOMÁROV
NA CYPERMETRÍN A DELTAMETRÍN

DIPLOMOVÁ PRÁCA

2022

Bc. Miroslava Heregová

TRNAVSKÁ UNIVERZITA V TRNAVE
PEDAGOGICKÁ FAKULTA



HODNOTENIE REZISTENCIE KOMÁROV
NA CYPERMETRÍN A DELTAMETRÍN

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Študijný program: učiteľstvo biológie a chémie

Školiace pracovisko: Katedra biológie PdF TU

Študijný odbor: učiteľstvo a pedagogické vedy

Vedúci práce / školiteľ: doc. Ing. Viera Peterková, PhD.

2022

Bc. Miroslava Heregová

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

pre:

Bc. Miroslava Heregová, rod. Heregová

Odbor: Učiteľstvo a pedagogické vedy

Študijný program: učiteľstvo biológie a chémie

Vzhľadom k tomu, že ste splnili požiadavky učebného plánu, zadáva Vám dekan fakulty na návrh vedúceho vedecko-pedagogického pracoviska v zmysle zákona o VŠ č.131/2002 Z.z a Študijného poriadku TU §15, ods. 3, túto tému záverečnej práce:

Hodnotenie rezistencie komárov na cypermetrín a deltametrín

POKYNY NA VYPRACOVANIE

Osnova práce:

Rozsah laboratórných a grafických prác:

Rozsah záverečnej práce:

Zoznam odporúčanej literatúry:

Vedúci záverečnej práce: doc. Ing. Viera Peterková, PhD.

Konzultant:

Dátum zadania záverečnej práce: 11.03.2021

Dátum priradenia záverečnej práce študentovi: 11.03.2021

Dátum odovzdania záverečnej práce:

.....
doc. Ing. Viera Peterková, PhD.
dekanka fakulty

.....
vedúci vedecko-pedagogického pracoviska

Čestné vyhlásenie

Dolu podpísaná Miroslava Heregová čestne vyhlasujem, že diplomovú prácu na tému „Hodnotenie rezistencie komárov na cypermetrín a deltametrín“ som vypracovala samostatne s pomocou uvedených knižných a elektronických zdrojov a pod odborným vedením vedúcej diplomovej práce doc. Ing. Viery Peterkovej, PhD.

V Trnave dňa 29. marca 2022

.....

Miroslava Heregová

Pod'akovanie

Touto cestou d'akujem doc. Ing. Viere Peterkovej, PhD. za odborné vedenie a pripomienky pri koncipovaní obsahu diplomovej práce. Zároveň moje pod'akovanie patrí PaedDr. Ivanovi Il'kovi za pomoc pri realizácii výskumu a poskytnutie užitočných rád pri spracovávaní diplomovej práce. Ďakujem RNDr. Lucii Strelkovej, PhD. za metodické usmernenie, Mgr. Zuzane Grujbárovej, PhD. za pomoc pri chove preimaginálnych štádií komárov a doc. RNDr. Tomášovi Derkovi, PhD. za poskytnutie informácií o stave liahnísk, z ktorých sme uskutočňovali odber. Osobitná vďaka patrí mojej rodine a priateľovi, ktorí ma pri realizácii výskumu a písaní práce podporovali.

Abstrakt

HEREGOVÁ, Miroslava: Hodnotenie rezistencie komárov na cypermetrín a deltametrín. [Diplomová práca] – Trnavská univerzita v Trnave. Pedagogická fakulta; Katedra biológie. Vedúci diplomovej práce: doc. Ing. Viera Peterková, PhD. Trnava: Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity, 2022, 53 s.

Pyretroidy sú látky, ktoré v súčasnosti patria medzi najčastejšie používané insekticídy na celom svete. Pravidelné aplikácie pyretroidov viedli v mnohých krajinách k vzniku populácií komárov s rôznymi úrovňami rezistencie. Rozvoj rezistencie proti pyretroidom zabraňuje úsiliu kontrolovať vektory a prispieva tak k vzostupu mnohých ochorení prenášaných komármi. Pyretroidy majú negatívny vplyv aj na prežívanie necieľových druhov organizmov a narúšajú biodiverzitu. Hlavným cieľom práce bolo posúdiť citlivosť komárov odobratých z lokalít nachádzajúcich sa v povodí Moravy na západnom Slovensku na deltametrín a cypermetrín. Ide o pyretroidy, ktoré sa bežne v tejto oblasti aplikujú na zníženie početnosti *Culicidae*. Preimaginálne štádiá štyroch populácií *Aedes spp.* a troch populácií *Culex spp.* boli odchované v insektáriách a imága samíc boli podrobené bioanalýze CDC. Zistili sme rezistenciu komárov rodu *Culex* voči expozícii oboch pyretroidov vo Vyskej pri Morave (deltametrín 67 %, cypermetrín 75 %) a v intraviláne Devínskej Novej Vsi (deltametrín 73 %, cypermetrín 75 %). Rezistencia komárov rodu *Aedes* bola zaznamenaná vo Vyskej pri Morave tiež voči oboch pyretroidom (deltametrín 73 %, cypermetrín 75 %). Na ďalších štyroch odberných miestach bolo zistené podozrenie na výskyt rezistencie v populáciách oboch rodov. Všetky lokality odberu sú rizikovými oblasťami pre rozvoj rezistencie na pyretroidy a pri ich ďalšom pravidelnom používaní sa môže objaviť problém pri vektorovej kontrole. Vo svetle týchto zistení sme dospeli k záveru, že je potrebné pravidelne monitorovať rezistenciu komárov na používané insekticídy. Zároveň presadzovať kontrolu komárov šetrnejšiu k životnému prostrediu a v konečnom dôsledku aj k ľudskému zdraviu. Podľa našich vedomostí práca podáva prvý dôkaz rezistencie komárov voči pyretroidom z regiónu strednej Európy.

Kľúčové pojmy: komáre, rezistencia, pyretroidy, deltametrín, cypermetrín, stredná Európa

Abstract

HEREGOVÁ, Miroslava: Evaluation of mosquito resistance to deltamethrin and cypermethrin. [Diploma thesis] – University of Trnava: Faculty of Education; Department of Biology. Supervisor: doc. Ing. Viera Peterková, PhD. Trnava: Faculty of Education of Trnava University, 2022, 53 p.

Pyrethroids are chemicals that are currently the most commonly used insecticides in the world. Regular applications of pyrethroids have led to mosquito populations with varying degrees of resistance in many countries. The development of pyrethroid resistance inhibits efforts to control vectors and thus contributes to the rise of many mosquito-borne diseases. Pyrethroids have also a negative effect on the survival of non-target species of organisms and disturb biodiversity. The main purpose of this paper was to evaluate the susceptibility to deltamethrin and cypermethrin of mosquitoes taken from the localities in the Morava river basin in western Slovakia. These pyrethroids are commonly used in this area to reduce the number of *Culicidae*. Preimaginal stage of four *Aedes spp.* populations and three *Culex spp.* populations were bred in the insectariums and the female imagoes were exposed to CDC bioassay. We found resistance to the exposure to both pyrethroids in mosquitoes of the genus *Culex* in Vysoká pri Morave (deltamethrin 67 %, cypermethrin 75 %) and in the urban area of Devínska Nová Ves (deltamethrin 73 %, cypermethrin 75 %). Resistance to both pyrethroids in mosquitoes of genus *Aedes* was also recorded in Vysoká pri Morave (deltamethrin 73 %, cypermethrin 75 %). We found suspicion of resistance in populations of both mosquitoes genera at other four sampling sites. All sampling sites are areas with risk of development resistance to pyrethroids, and with their regular use, vector control problems may arise. In the light of these findings, we concluded that mosquito resistance to the insecticides must be monitored regularly. At the same time, it is important to promote a more environmentally friendly mosquito control, which is ultimately friendlier to human health. According to our knowledge, this paper offers first evidence of mosquito resistance to pyrethroids from the region of Central Europe.

Keywords: mosquitoes, resistance, pyrethroids, deltamethrin, cypermethrin, Central Europe

Obsah

Zoznam ilustrácií	11
Zoznam tabuliek a grafov	12
Zoznam skratiek a značiek.....	13
Úvod.....	13
1 Charakteristika komárovitých (<i>Culicidae</i>).....	15
1.1 Anatomické a morfológické znaky komárovitých	15
1.2 Vývinové štádiá komárovitých	17
1.3 Výskyt, význam a ekológia komárovitých.....	22
2 Kontrola populácií komárovitých	25
2.1 Preventívne metódy kontroly	25
2.2 Genetická kontrola	28
2.3 Biologická kontrola.....	30
2.3.1 Mikrobiálne kontrolné činidlá – <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> (Bti) a <i>Bacillus sphaericus</i> (Bs)	32
2.4 Chemická kontrola	34
3 Rezistencia	37
4 Výskumný cieľ práce	41
5 Územie, materiál a metodika	41
5.1 Vytýčenie odberového územia.....	41
5.2 Charakteristika lokalít využitých na zber jedincov	42
5.3 Údaje o používaní deltametrínu a cypermetrínu v skúmanej oblasti	47
5.4 Charakteristika skúmaných rodov komárov.....	48
5.5.1 Odber a chov preimaginálnych štádií komárov	50
5.5.2 Vlastná metodika preskúmania rezistencie	54
6 Výsledky	57
6.1 Rezistencia komárov rodu <i>Culex</i>	57

6.2 Rezistencia komárov rodu <i>Aedes</i>	58
6.3 Rezistencia komárov rodu <i>Culex</i> a <i>Aedes</i> vo vzťahu k chemickej kontrole na odberových lokalitách	59
7 Diskusia	61
Záver	64
Zoznam použitej literatúry	66
Internetové zdroje	80
Prílohy	

Zoznam ilustrácií

- Obr. 1:** Hviezdicovité rozmiestenie vajíčok komárov rodu *Anopheles*
- Obr. 2:** Vajíčka rodu *Aedes*
- Obr. 3:** Člnkovité zhluky vajíčok komárov rodu *Culex*
- Obr. 4:** Larva komára – dorzálny pohľad
- Obr. 5:** Zvlek kukly po vyľiahnutí imága
- Obr. 6:** Chemická štruktúra cypermetrínu (ľavá snímka) a deltametrínu (pravá snímka)
- Obr. 7:** Rezistencia na pyretroidné účinné látky cypermetrín a deltametrín – v roku 2010 (horná snímka) a v roku 2021 (dolná snímka)
- Obr. 8:** Lokality vyznačené na mape
- Obr. 9:** Liahnisko na lokalite 1
- Obr. 10:** Liahnisko na lokalite 2
- Obr. 11:** Liahnisko na lokalite 3
- Obr. 12:** Liahnisko na lokalite 4
- Obr. 13:** Liahnisko na lokalite 5
- Obr. 14:** Liahnisko na lokalite 6
- Obr. 15:** Devínske jazero
- Obr. 16:** Lokality postreku imág komárov deltametrínom a cypermetrínom na západnom Slovensku v rokoch 2018 – 2021
- Obr. 17:** Priečne rozšírená hlava larvy, rod *Aedes*
- Obr. 18:** Rozdielna dĺžka sifa štvrtého instaru larvy rodu *Culex* (ľavá snímka) a štvrtého instaru larvy rodu *Aedes* (pravá snímka)
- Obr. 19:** Odoberanie lariiev na lokalite 3
- Obr. 20:** Fixovanie lariiev v etanole
- Obr. 21:** Insektárium s kuklami z lokality 2
- Obr. 22:** Insektárium s imágami z lokality 2
- Obr. 23:** Dravá larva potápnika obrúbeného (*Dytiscus marginalis*) odobratá z lokality 4 s larvami komárov rodu *Aedes*
- Obr. 24:** Pomôcky na biotest
- Obr. 25:** Samica komára rodu *Aedes* (ľavá snímka) a samec komára rodu *Aedes* (pravá snímka)

Zoznam tabuliek a grafov

Tab. 1: IUPAC názvy pyretroidných účinných látok cypermetrín a deltametrín

Tab. 2: Súradnice lokalít a odobraté rody

Tab. 3: Dátumy odberu na jednotlivých lokalitách

Tab. 4: Diagnostické dávky a diagnostické časy

Tab. 5: Odporúčania WHO pre interpretáciu údajov

Tab. 6: Úmrtnosť samíc komárov rodu *Culex* po CDC teste rezistencie na deltametrín a cypermetrín

Tab. 7: Úmrtnosť samíc komárov rodu *Aedes* po CDC teste rezistencie na deltametrín a cypermetrín

Graf 1: Vývoj rezistencie rôznych druhov článkonožcov voči viacerým triedam insekticídov

Zoznam skratiek a značiek

WHO	World Health Organization (Svetová zdravotnícka organizácia)
ECDC	European Centre for Disease Prevention and Control (Európske centrum pre prevenciu a kontrolu chorôb)
EMCA	European Mosquito Control Association (Európska asociácia pre kontrolu komárov)
SIT	Sterile insect technique
RIDL	Release of Insects Carrying a Dominant Lethal
Bti	Bacillus thuringiensis israelensis
Bs	Bacillus sphaericus
LLML	long lasting microbial larvicides
ROS	reaktívne formy kyslíka
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry (Medzinárodná únia pre čistú a aplikovanú chémiu)
DDT	dichlórdifenyiltrichlóretán
LLIN	long – lasting insecticidal nets
RÚVZ	Regionálny úrad verejného zdravotníctva
p.a.	pro analysi (pre analýzu)
sp.	species (druh)
spp.	plurál pre sp.
CO ₂	oxid uhličité

Úvod

Komárovité (*Culicidae*) vďaka vysokému stupňu adaptability obývajú široké spektrum biotopov po takmer celom svete. Preimaginálne štádiá i dospelce sú prirodzenou a neoddeliteľnou súčasťou potravných reťazcov vo vodných i terestrických ekosystémoch.

Na druhej strane cicaním krvi prenášajú pôvodcov najzávažnejších ochorení na celom svete a ovplyvňujú aj pohodu ľudskej populácie z hľadiska neprijemností pri uštipnutí. Patria medzi najzávažnejšie vektory z článkonožcov. K medicínsky významným arbovírusom, ktoré sú prenášané komármi, patria Sindbis vírus, vírus žltej zimnice, West Nile vírus, Dengue vírus, Zika vírus, Tahyňa vírus a iné. Okrem arbovírusov sú prenášačmi plazmódií (*Plasmodium spp.*), ktoré sú pôvodcami infekčnej malárie, a dirofilárií (*Dirofilaria spp.*), ktoré spôsobujú dirofilariózu (RUDOLF, ŠEBESTA, 2017). Podľa WORLD MALARIA REPORT (2020) sa v roku 2019 objavilo 229 miliónov nákazy ľudí maláriou a z toho jej podľahlo 409 tisíc ľudí. Malária sa do roku 1960 vyskytovala aj na území Slovenska a bola vážnym problémom zdravotníctva našej krajiny. V roku 1963 Svetová zdravotnícka organizácia (WHO) označila Slovensko ako nemalarickú oblasť. Návrat malárie ako endemickej choroby do Európy je ale stále otáznym, pretože prípady malárie majú v štátoch mierneho pásma vzrastajúci trend. Medzinárodný obchod, ale i zvýšená mobilita ľudí, a s tým spojené zmeny klímy, vytvárajú vhodné podmienky na pasívne šírenie a rozmach invazívnych druhov komárov v novom prostredí, ktoré sa tu adaptujú na nové podmienky a úspešne rozmnožujú (JALILI a kol., 2000 a RUDOLF, ŠEBESTA, 2017).

Existuje viacero spôsobov a typov kontroly početnosti komárovitých, ktorých cieľom je nielen eliminovať početnosť, ale aj viesť k nižšiemu výskytu ochorení v oblastiach s výskytom ochorení prenášaných komármi. Spôsoby kontroly je potrebné starostlivo vyberať vzhľadom na dosiahnutie cieľa a zachovanie ekologickej rovnováhy.

V dotazníkovej štúdii ECDC z roku 2021 z 31 európskych krajín, vrátane Spojeného kráľovstva, v ktorých sa vykonáva kontrola proti komárom, 21 z nich uviedlo ako prostriedok kontroly biocídy, teda chemickú kontrolu (ECDC, 2021). V súčasnosti sú najpoužívanejšími biocídmi na kontrolu početnosti imág komárov pyretróidy. Nahradili predtým používané chlórované uhlíkovodíky, organofosfáty a karbamáty. Ide o jediné chemické látky povolené v Európe aplikovať proti imágam komárov a zároveň jediné chemikálie používané na impregnáciu sietí ako hlavného nástroja kontroly malárie v Afrike (EMCA/WHO 2013).

Komáre, ale aj iné článkonožce si jednostranným, opakovaným a nadmerným aplikovaním insekticídov budujú voči širokému spektru insekticídov, vrátane pyreteroidov, rezistenciu. Choroby prenášané komármi sa opäť stávajú problémom, najmä kvôli rozširujúcej sa rezistencii. KALIYAPERUMAL a SHANMUGAVELU (2013) rezistenciu chápu ako hrozbu pre globálne verejné zdravie. Od roku 2010 do roku 2020 sa na celom svete zistilo 7 314 prípadov rezistencie na pyreroidy, z toho 6279 na deltametrín (WHO 2021).

Monitorovanie rezistencie v krajine je začiatočným a kľúčovým riešením ako predchádzať rezistencii *Culicidae*. Pre dlhodobé riešenie problematiky rezistencie je potrebné začleňovať použitie chemických insekticídov v nevyhnutných prípadoch (MACHANI a kol., 2020).

Nekontrolované používanie biocídov na báze pyreteroidov v krajinách, ako je napríklad Slovensko, v ktorých sa malária nevyskytuje a je možné použiť iné metódy redukcie a kontroly komárích populácií, môže smerovať k vzniku rezistentných komárov.

Vychádzajúc z toho, že v oblastiach v okolí rieky Morava sa insekticídy na báze deltametrínu a cypermetrínu aktívne používali a používajú na zníženie populácií komárov, rozhodli sme sa realizovať výskum zameraný na vplyv pyreteroidov na komáre práve v tejto oblasti.

1 Charakteristika komárovitých (*Culicidae*)

1.1 Anatomické a morfológické znaky komárovitých

Čeľaď *Culicidae* (komárovité) patrí do podradu *Nematocera* (komáre), radu *Diptera* (dvojkřídlowce), triedy *Insecta* (hmyz) a kmeňa *Arthropoda* (článkonožce) (PETERKOVÁ, 2015). KRAMÁŘ (1958) vidí dôvod zaradenia čeľade komárovitých do podradu *Nematocera* vo veľkom počte článkov tykadiel. Tykadlá pozostávajú z dvoch bazálnych článkov, rovnako ako pri iných druhoch hmyzu, ale z nich pokračuje ešte štrnásťčlenný bičík.

Na tele imága je možné rozlíšiť hlavu (*caput*), hrud' (*thorax*) a bruško (*abdomen*). Hlava nesie bodavo – cicavé ústne ústrojenstvo a je miestom uloženia zmyslových orgánov (PETERKOVÁ, 2015).

Podľa BECKERA a kol. (2010) pokrytie hlavy, hrude a bruška šupinami a štetinkami je rodovo a druhovo špecifické a významné z hľadiska taxonómie.

Ústne ústrojenstvo je zospodu ohraničené hornou perou (*labrum*) a zospodu spodnou perou (*labium*), ktorá je rozčlenená na dva lalôčky (*labella*). Hryzadlá (*mandibulae*) a čeľuste (*maxillae*) sú prispôsobené na bodanie. Dominantou hlavy je ciciak (*proboscis*), ktorý vyčnieva dopredu spolu s čeľustnými hmatadlami (*palpi maxillares*). Medzi pohlaviami a jednotlivými rodmi komárov je rozdiel vo vyvinutí čeľustných hmatadiel. U samcov väčšiny rodov a samíc rodu *Anopheles* sú čeľustné hmatadlá dlhšie ako ciciak. Samice iných rodov majú časť hmatadiel atrofovaných (KRAMÁŘ, 1958).

BECKER a kol. (2010) potvrdzujú, že samce väčšiny druhov komárov sa jasne odlišujú od samíc dlhými a chlpmi pokrytými čeľustnými hmatadlami. Uvádzajú, že primárny segment dvojčlánkových tykadiel (*antennae*) samcov je vybavený hustou sieťou bičíkov, ktoré sa u samíc nevyskytujú. Autori tykadlá samcov prirovnávajú k páperiu.

SAARI, NÄREAHO, NIKANDER (2019) objasňujú význam prítomnosti bičíkov na tykadlách samcov. Samica vydáva svojimi krídlami kvílivý zvuk, ktorý rozvibruje bičíky tykadiel samcov. Signál vibrujúcich bičíkov je prenášaný do Johnstonovho sluchového orgánu uloženého v druhom článku tykadiel samcov a umožňuje samcom lokalizovať samicu.

KRATOCHVÍL (1973) uvádza, že krvou sa živia len samičky a podľa KRAMÁŘA (1958) hryzadlá a čeľuste samcov nie sú anatomicky prispôsobené na bodanie – hryzadlá a čeľuste sú kratšie ako spodná pera.

Primárnym zdrojom energie pre obe pohlavia je nektár a iné sladké šťavy z kvetov. Pri bodnutí vtekajú cez špeciálny ústny útvar – *hypopharynx* do rany sliny s látkami antikoagulačného významu (KRAMÁŘ, 1958). SERVICE (2012) vysvetľuje, že sliny obsahujú okrem antikoagulačných látok aj anestetické látky, ktoré zmiernujú bolesť pri bodnutí. Hostiteľova nepodmienená obranná reakcia na bodnutie sa tak zmierni. Príjem krvi z hostiteľa uľahčujú komárom aj antihemostatické enzýmy, napríklad apyráza.

Hrud' tvoria tri segmenty – predohrud' (*prothorax*), mohutná stredohrud' (*mesothorax*) a zadohrud' (*metathorax*). Na každom segmente hrude sa nachádza jeden pár končatín. Ku stredohrudi je pripojený jeden pár funkčných krídel. Zadohrud' je vybavená druhým párom krídel, ktorý je redukovaný na kyvadielka (*halter*) (RUEDA, DEBBOUN, 2020). Podľa PETERKOVEJ (2015) sú kyvadielka vibrujúcim orgánom, ktorý slúži na orientáciu pri pohybe – pri lete.

KRAMÁŘ (1958) člení každú končatinu komárov na päť častí – *coxa*, *trochanter*, *femur*, *tibia* a *tarsus* zakončený dvomi pazúrmí. BECKER a kol. (2010) dodáva, že samce väčšiny druhov *Culicidae* majú pazúre predohrude a stredohrude väčšie – prispôbené na uchopenie samíc pri kopulácii.

Abdominálny systém tvorí desať článkov, pričom tri koncové články sú špecializované na vylučovanie a na reprodukciu (RUEDA, DEBBOUN, 2020). V porovnaní s komármi rodu *Anopheles*, ktoré majú bruško bez šupín, u väčšiny druhov komárov rodu *Culex* je dorzálna i ventrálna časť bruška oboch pohlaví pokrytá hnedými až čiernymi šupinami. Na brušku komárov rodu *Anopheles* vyrastajú len chlípky (SERVICE, 2012).

Každý z článkov bruška pozostáva z dorzálnej platničky (*tergite*) a ventrálnej platničky (*sternite*). Tergity a sternity sú spojené membránovým exoskeletom, ktorý sa počas kŕmenia rozťahuje (BURKETT – CADDENA, 2013).

Na deviatom článku bruška sa nachádza análny otvor. Posledné dva články samčiek sú premenené na páriace ústrojenstvo – hypopygium. Cez hypopygium prechádzajú genitálne kanálky, ktoré spájajú pár samčích semenníkov s vlastným pohlavným orgánom – aedeagusom. Ten je ukončený silne sklerotizovaným kužeľovitým útvarom – phallosomom. U samičiek sa k desiatemu článku bruška pripájajú dva príviesky – cercusy (*cerci*). Pod cercusmi je uložená postgenitálna doštička.

1.2 Vývinové štádiá komárovitých

Komáre, rovnako ako ostatní zástupcovia dvojkrídlorcov, podliehajú vo svojom vývine dokonalej premene – holometabólii (PETERKOVÁ, 2015).

BECKER a kol. (2010) uvádzajú, že väčšina druhov komárov kopuluje pri lete a kopulácia trvá len niekoľko sekúnd. SERVICE (2012) dodáva, že samice sa pária len jedenkrát za život. Spermie prijaté počas tohto párenia sú uložené v spermatotéke a oplodnia všetky vajíčka, ktoré samica počas života znesie. Samce sa v priebehu svojho života pária niekoľkokrát.

Po kopulácii musia samice väčšiny druhov komárov prijať z tela hostiteľa krv. Tá je zdrojom bielkovín pre sformovanie vajíčok. Z vajíčok sa vyvíjajú larvy, ktoré prechádzajú cez štyri larválne instary. Prechod z jedného larválneho instaru do ďalšieho je koordinovaný zvyšovaním a znižovaním hladiny protichodne pôsobiacich hormónov – ekdyzónu a juvenilného hormónu. V nasledujúcom štádiu kukly dochádza k výraznej transformácii v anatomických a morfológických znakoch. Vzniká dospelý jedinec – imágo (BECKER a kol., 2010).

SERVICE (2012) opisuje, že bruško samice nadobudne ihneď po prijatí krvi svetločervenú farbu a po pár hodinách začne tmavnúť. Trávením krvi získava samica bielkoviny a vajíčka vo vaječníkoch dozrievajú a zväčšujú sa. V dôsledku toho sa zadná časť bruška rozširuje a získava belavé sfarbenie. Rýchlosť trávenia krvi závisí od teploty prostredia. Autor uvádza, že v tropických oblastiach ide o 2 – 3 dni a samice v miernom podnebí trávajú prijatú krv 7 – 14 dní. Po ovipozícii samica znova vyhľadáva hostiteľa, prijíma jeho krv a dozrievajú ďalšie vajíčka. V jednej znáške je samica schopná naklásať 30 – 300 vajíčok. Ich počet je ovplyvnený viacerými faktormi, predovšetkým druhom samice komára.

Komáre rodu *Anopheles* kladú vajíčka na vodnú hladinu jednotlivito, vytvárajúc hviezdicovité útvary (obr. 1). Vajíčka svojím tvarom pripomínajú lodičky. Po znesení majú bleďozlté sfarbenie, pričom v priebehu 24 hodín začnú tmavnúť. Na hladine plávajú vďaka plávajúcej lište a vzduchovým komôrkam. Tieto komôrky vznikajú tak, že sa exochorion vajíčka prehne a vo vytvorenej dutine sa uzavrie vzduch. Ten nadnáša vajíčko (KRAMÁŘ, 1958).

Obr. 1: Hviezdicovité rozmiestenie vajíčok komárov rodu *Anopheles* [1]



Ďalej KRAMÁŘ (1958) uvádza, že ostatné rody našich komárov znášajú vajíčka bez vzduchových komôrok. Vajíčka samíc rodu *Aedes* majú pretiahnutý vajcovitý tvar s rozšírenou základňou na tupom konci (obr. 2). Obrázok 3 znázorňuje člnkovité zhľuky vajíčok, ktoré sú typické hlavne pre rod *Culex*. Pri ovipozícii sa k sebe vajíčka zlepujú bočnými stenami. BECKER a kol. (2010) vysvetľujú, že na báze každého vajíčka je miskovitý útvar (corolla), ktorého vnútorný hydrofilný povrch leží na vodnej hladine a vonkajší povrch je hydrofóbny. Tento charakter povrchov corolly spolu s vysokým povrchovým napätím vody udržuje zhľuky vajíčok na hladine vody v správnej polohe bez potopenia sa.

Podľa BECKERA a kol. (2010) sa larvy komárov rodu *Culex* pri teplote vody 30 °C liahnu asi jeden deň po ovipozícii a larvy rodu *Aedes* asi sedem dní po ovipozícii vajíčok.

Obr. 2: Vajíčka rodu *Aedes* [2]



Obř. 3: Člnkovité zhluky vajíčok komárov rodu *Culex* (foto: Mgr. Zuzana Grujbárová, PhD., júl 2021)



Rovnako ako telo imága, aj telo larvy pozostáva z troch častí. Od dospelcov sa larvy odlišujú absenciou nôh, krídiel, ciciaku a tým, že ich vývin je viazaný na vodné prostredie (SNODGRASS, 1959).

Hlava (*caput*) je chránená tromi sklerotizovanými doštičkami. Podľa KRAMÁŘA (1958) existujú rozdiely v tvare hlavy lariev rôznych druhov komárov, ktoré súvisia so spôsobom prijímania potravy, teda s úrovňou vyvinutia svalstva ústneho ústrojenstva. Larválnu potravu tvoria najmä mikroorganizmy, riasy a detrit.

Podľa WALLACEHO a kol. (2009) existujú tri spôsoby prijímania potravy lariev: filtrovanie vody alebo mikrobiálneho filmu prítomného na vodnej hladine, zoškrabovanie potravy z ponorených predmetov a rastlín, a predátorstvo na iných larvách komárov. Posledný menovaný spôsob sa u lariev našich komárov nevyskytuje.

Okrem hryzavých ústnych orgánov sa na hlave lariev nachádza jeden pár očí a jeden pár tykadiel, ktorý je obvykle tvorený drobnými bičkami. Oči sú lokalizované na laterálnych stranách hlavy a sú zložené zo zhlukov jednoduchých očiek (*ocelli*) (FOSTER, WALKER, 2019). KRAMÁŘ (1958) dopĺňa, že zložené oči sa vyvinú v druhom až štvrtom instare

lariev. Larvy prvého instaru disponujú len svetlocitlivými škvrnami. Oba typy očí sa zachovávajú v štádiu kukly a imága, ale svetlocitlivé škvrnky nie sú na imágu viditeľné, pretože sú prekryté šupinkami. COURTNEY a CRANSTON (2015) vysvetľujú, že prelomiť chorión pri liahnutí z vajíčka umožňuje larvám prvého instaru tzv. vaječný zub.

SAARI, NÄREAHO, NIKANDER (2019) uvádzajú, že vo štvrtom instare je hrud' (*thorax*) najmohutnejšou časťou larválneho tela.

Na brušku (*abdomen*) lariev je možné rozlíšiť desať článkov. Obrázok 4 naznačuje, že články I – VII, tvoriace prevažnú časť larválneho tela, sú tvarovo a veľkostne jednotné. Článok VIII má približne päťuholníkový tvar. Ôsmy článok nesie dýchacie sifo (väčšina rodov komárov) alebo doštičku s dýchacími otvormi – stigmami (BURKETT – CADDENA, 2013).

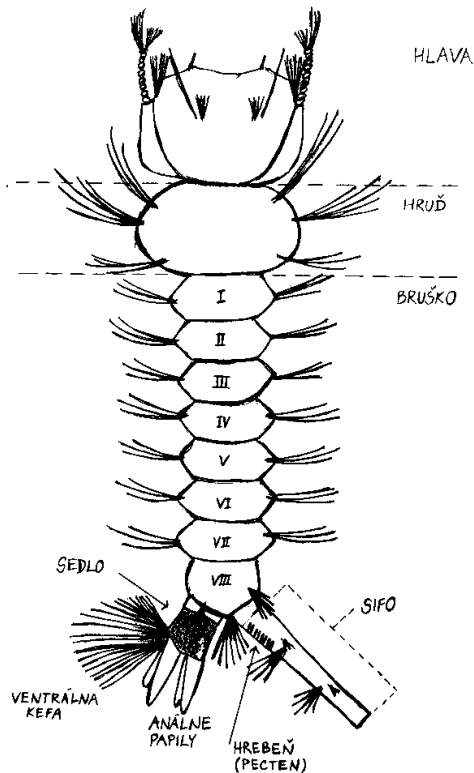
BECKER a kol. (2010) objasňujú, že larvy rodu *Anopheles* plávajúce na vodnej hladine sa nepotopia z dôvodu prítomnosti špeciálnych palmovitých chlпов (*palmate setae*), vyrastajúcich z dorzálnej strany III. – VII. článku bruška. Larva sa nimi prichytí k vodnej hladine a napomáha tomu aj vysoké povrchové napätie vody.

Po ponorení larvy pod hladinu sa v stigmalınom otvore uzavrie bublinka vzduchu a 4 – 5 klapiek v okolí stigmy sa zaklapne. Po vynorení a dotknutí sa hladiny sú klapky vytlačené smerom nahor. Unikajúca bublinka rozruší sily povrchového napätia pre prístup vzduchu do dýchacieho systému (BECKER a kol., 2010).

BURKETT – CADDENA (2013) považuje za podstatné taxonomické znaky počet, tvar a usporiadanie zubov sifonálneho hrebeňa (*pectenu*), umiestneného na bočných stranách sifónu (obr. 4), a počet, dĺžku i usporiadanie sifonálnych chlпов. IX. článok je u lariev komárov redukovaný. Posledný, X. článok, je odklonený od zvyšky tela v určitom uhle. Chrbtovú časť tohto segmentu pokrýva sklerotizovaná doska, nazývaná sedlo. U niektorých druhov môže celý tento článok obaliť. Na brušnej strane článku vyrastá hustá sieť chlпов označovaná ako ventrálna kefa. Článok je ukončený výčnelkami exoskeletu – análnymi papilami, taktiež zakreslenými na obrázku 4.

Už WIGGLESWORTH (1933) vo svojom výskume preukázal, že análne papily majú osmoregulačnú funkciu – vymieňať soli medzi hemolymfou a vodou, v ktorej larva žije. SURENDRAN a kol. (2018) svojim výskumom realizovaným na Srí Lanke zistili, že larvy žijúce v brakickej vode majú výrazne väčšie a širšie análne papily ako larvy žijúce v sladkej vode. Pomocou svetelného mikroskopu s očným mikrometrom odmerali dĺžku a šírku análnych papíl lariev odobratých z brakickej vody a následne odchovaných v sladkej vode – priemerná dĺžka a šírka análnych papíl sa zmenšila.

Obr. 4: Larva komára – dorzálny pohľad (zdroj: BURKETT – CADDENA, 2013 (kresba: autor))



V štádiu kukly sú hlava a hrud' spojené do hlavohrude. Prístup ku kyslíku zabezpečujú dve dýchacie trubice, ktoré sa nachádzajú na dorzálnnej strane a smerujú k vodnej hladine (SAARI, NÄREAHO, NIKANDER, 2019). Zástupcovia rodu *Mansonia* a *Coquillettidia* sa spájajú s vodnou hladinou len v čase liahnutia imága z kukly. Počas celého vývinu získavajú kyslík pod hladinou tak, že prederavia vodnú vegetáciu prostredníctvom dlhých dýchacích trubic a získavajú kyslík z jej pletív (SERVICE, 2012).

Pre kukly väčšiny hmyzu s úplnou premenou nie je typická výrazná lokomócia. Kukly čeľade *Culicidae* sú ale mobilné vďaka dvom sklerotizovaným pohybovým štruktúram (tzv. pádlam) na poslednom článku bruška. V pokoji kukla pláva na vodnej hladine. Je k nej pripojená jedným párom rozvetvených hviezdovitých chlupov I. brušného článku a dýchacími trubicami. Pri rozvírení hladiny sa potopí narovnávaním a rozťahovaním bruška, pričom využíva aj pádla. Bruško kukly si zachovalo larválne svalstvo (COURTNEY, CRANSTON, 2015). KRAMÁŘ (1958) uvádza, že kukla po ponorení stúpa k hladine pasívne, pretože medzi kutikulou hlavohrude a povrchom tela vyvíjajúceho sa imága je vzduch, ktorý ju nadľahčuje.

Cez pokožku kukly je možné vidieť niektoré z vyvíjajúcich sa štruktúr imága – pár zložených očí, krídla, nohy, tykadlá a ciciak. Sfarbenie pokožky kukiel závisí od ich veku – čím je kukla staršia, čím je bližšie k vzniku imága, tým je viac pigmentovaná (SERVICE, 2012).

SAARI, NÄREAHO, NIKANDER (2019) vysvetľujú, že v čase, keď sú všetky orgány imága vyvinuté, kukla prehltnie vzduch, príde k jej napučaniu, exoskelet kukly sa roztrhne a imágo sa vynorí na hladinu. Kukly *Nematocera* sú voľné (*pupa libera*) (BERACKO a kol., 2017) a po vyliahnutí imága zostáva vo vode zvlék (obr. 5). Aby sa dospelec mohol vydať za potravou, musí mu spevniť kutikula a krídla. Tento proces trvá približne hodinu.

Obr. 5: Zvlék kukly vo vode v inšpektáriu po vyliahnutí imága (foto: autor, júl 2021)



1.3 Výskyt, význam a ekológia komárovitých

Nachádzajú sa v trópech aj v miernom podnebí, pričom chýbajú iba na niekoľkých ostrovoch a na Antarktíde. Nájdeme ich v nadmorskej výške 5500 metrov nad morom a tiež v baniach 1250 metrov pod hladinou mora. Komáre sú príkladom kozmopolitných organizmov (SERVICE, 2012).

Komáre sú svojím vývinom a prežívaním viazané na vodné a terestrické prostredie. Larvy a kukly prosperujú najmä v biotopoch so sladkou vodou. Niektoré druhy komárov ale preferujú aj biotopy s brakickou až slanou vodou, okrem morských biotopov s vysokou koncentráciou soli (FOSTER, WALKER, 2019).

Podľa KOČIŠOVEJ (2014) sú okrem prírodných stojatých vodných plôch vhodnými liahniskami komárov rodu *Anopheles* a *Culex* aj pneumatiky. Čierna farba umožňuje rýchle prehriatie v nich zadrživanej vody, a tak urýchlenie vývinu lariev a kukiel. Pneumatiky boli a stále sú predmetom medzinárodného obchodu. REINER a kol. (2004) uvádzajú, že obchodom s pneumatikami Európu kolonizoval invazívny druh komára *Aedes albopictus*.

Jeho pôvodným areálom sú tropické a subtropické oblasti juhovýchodnej Ázie. Ekologická flexibilita tohto druhu podľa BECKERA a kol. (2010) spočíva v citlivom vnímaní fotoperiód. Skrátenie fotoperiód je v miernom podnebí európskych biotopov druhu *A. albopictus* impulzom k prechodu vajíec do diapauzy. V teplých oblastiach je aktívny počas celého roka.

Aj keď väčšina druhov komárov rodu *Aedes* prekonáva nepriaznivé podmienky diapauzou v štádiu vajíčka, poznáme aj druhy menovaného rodu pre ktoré je charakteristická larválna diapauza. Pri rodoch *Culex* a *Anopheles* je diapauza geneticky determinovaná v štádiu imága, obvykle ide o oplodnené samice (STOJANOVITCH, SCOTT, 1997).

V dočasne zaplavovaných oblastiach, zrážkami a povodňami, nachádzajú vhodné podmienky pre svoj vývin komáre rodu *Aedes* (FOSTER, WALKER, 2019). Z dôvodu prijímania atmosférického kyslíka sifom pripojeným k hladine môžu silné záplavy znížiť početnosť kalamitných druhov komárov. Môže prísť k zaplaveniu dýchacích otvorov lariev a kukiel, prípadne k úplnému odplaveniu nezrelých štádií. Sledovali to HÁJKOVÁ a MINÁŘ (1970) v oblasti riek Dyje a Morava, kde silné záplavy spôsobili výrazné zníženie početnosti druhu *Aedes vexans*.

Imága počas dňa vyhľadávajú tienisté miesta, obvykle na spodnej strane listov vegetácie. Tieň zabezpečuje vyššiu vlhkosť. Priame slnečné žiarenie spôsobuje prehriatie a vysušenie organizmu komárov [3].

RUEDA (2008) označuje komáre ako krv cicajúce trápiče a dráždiče človeka, iných cicavcov, vtákov, ale aj plazov, obojživelníkov a rýb. Na základe afinity k typu hostiteľa KOČIŠOVÁ (2014) rozdeľuje komáre na ornitofilné, zoofilné a antropofilné.

Látky antikoagulačného významu, ktoré vylučuje samica pri cicaní krvi do hostiteľského organizmu, môžu vyvolávať rôzne alergické reakcie. Môže ísť o bežné lokálne začervenenie až po anafylaktickú reakciu. Pri cicaní krvi sa do tela komára dostávajú pôvodcovia vážnych infekčných ochorení a komáre sa tak uplatňujú ako ich vektory. V niektorých prípadoch môže viesť škriabanie miesta uštipnutia k sekundárnej infekcii (RUEDA, 2008). V oblastiach s vysokým výskytom komárov je znemožnený pobyt v prírode a ovplyvnený je aj turistický priemysel a hospodárstvo (ČEPELÁK, 1984).

KOČIŠOVÁ (2014) uvádza, že vo svete je známych viac ako 3 520 druhov komárov a BOCKOVÁ (2013) dodáva, že na území Slovenska nájdeme 49 druhov komárov, ktoré patria do 7 rodov (*Anopheles*, *Aedes*, *Culex*, *Ochlerotatus*, *Coquillettidia*, *Culiseta* a *Uranotaenia*). RUSSEL a kol. (2013) špecifikujú v rámci celej čeľade *Culicidae* 3 podčeľade –*Toxorhynchitinae*, *Anophelinae* a *Culicinae*.

Do prvej menovanej podčel'ade patria lesné komáre, ktoré sa nepokladajú za vektory patogénov, pretože sa krvou neživia. Medicínsky významní zástupcovia z podčel'ade *Anophelinae* patria do rodu *Anopheles*. Sú prenášačmi plazmódií (*Plasmodium spp.*), dirofilárií (*Dirofilaria spp.*), červov z čel'ade *Onchocercidae* (*Brugia malay*, *Brugia timori* a *Wuchereria bancrofti*) a niektorých arbovírusov (KOČIŠOVÁ, 2014).

Protozoárne parazity (*Plasmodium spp.*) sú pôvodcami malárie. Infekčné pre človeka sú len štyri druhy (*P. falciparum*, *P. vivax*, *P. ovale* a *P. malariae*). Najviac prípadov malárie (viac ako 90 %) sa vyskytuje v Afrike a tropických a subtropických častiach Ameriky a Ázie (STRELKOVÁ, 2012).

Zástupcovia rodu *Aedes* (podčel'ad' *Culicinae*) sa uplatňujú najmä ako prenášače vírusu žltej horúčky, Dengue vírusu a Sindbis vírusu. Komáre rodu *Culex* (podčel'ad' *Culicinae*) sú hlavnými vektormi vírusu West Nile, Tahyňa, Batai (synonymum pre vírus Čalovo) a taktiež Sindbis vírusu (JALILI, LONGAUEROVÁ, 2006).

GREŠÍKOVÁ a NOSEK (1981) uvádzajú, že na Slovensku boli doposiaľ izolované štyri druhy vírusov, ktorých vektormi sú komáre. Ide o vírusy Čalovo, Sindbis, Tahyňa a West Nile. Najvýznamnejší z hľadiska humánnej medicíny je vírus Tahyňa, ktorý bol na Slovensku izolovaný z kalamitných druhov komárov *Aedes caspius* a *Aedes vexans* BÁRDOŠOM a DANIELOVOU (1959) v roku 1958. Podľa ERNEKA a kol. (1973) vírus Sindbis v strednej Európe prvýkrát izolovali na území Slovenska. Bol získaný z pečene a mozgu trsteniarika bahenného.

ČABANOVÁ a kol. (2018) metódou PCR a metódou sekvenovania detegovali *Dirofilaria spp.* v druhoch *Anopheles messeae* (*D. repens*), *Anopheles maculipennis* (*D. repens*), *Culex pipiens* (*D. repens*), *Coquillettidia richiardii* (*D. immitis*) a *Ochlerotatus sticticus* (*D. repens*, *D. immitis*). Komáre boli odobraté z troch lokalít v okolí Bratislavy (Devínske jazero, breh Dunaja a Líščie údolie). Na Slovensku bola dovtedy *Dirofilaria spp.* zistená len u komárov *Aedes vexans*. Druh *D. repens* môže spôsobiť aj ochorenie človeka, oveľa častejšie sú ale infikované psy a mačky. Najčastejšou formou ľudskej dirofilariózy je vytvorenie podkožnej zdureniny (GENCHI a kol., 2009).

Nezrelé štádia komárov i imága sú v prírode dôležitou súčasťou potravných reťazcov. BENELLI, JEFFRIES a WALKER (2016) vysvetľujú, že predátormi lariev a kukiel sú mnohé vodné organizmy – ryby, obojživelníky, kôrovce, larvy i imága vodných chrobákov, larvy iného druhu komárov (napr. druhy rodu *Toxorhynchites*). Imága sú konzumované najmä pavúkmi, obojživelníkmi, plazmi, vtákmi a netopiermi (2.3 Biologická kontrola).

2 Kontrola populácií komárovitých

Cieľom kontroly populácií komárovitých je udržiavať hustotu týchto populácií na prijateľnej úrovni, minimalizovať kontakty a bodnutia stavovcov komármi, a tak prerušiť alebo obmedziť transmisiu patogénov. Kontrola populácií komárov sa týka ich všetkých vývinových štádií. Existuje niekoľko metód, ktorými dochádza ku kontrole a minimalizovaniu populácií *Culicidae*, a každá z nich má svoje výhody i nevýhody. Na dosiahnutie čo najvyššej efektivity pri kontrole a čo najmenšieho zásahu do životného prostredia, sa metódy kontroly často vzájomne dopĺňajú, kombinujú a využívajú v nadväznosti jedna na druhú. Delenie metód kontroly v tejto práci vychádza z delení uvedených ILKOM (2020) a BECKEROM a kol. (2010).

Všetky metódy kontroly vedú v rôznej miere k redukcii populácií komárov. Na určenie realistických cieľov kontroly konkrétneho druhu metódy, sa v súčasnosti využívajú modely dynamiky prenosu ochorení (FOSTER, WALKER, 2019).

2.1 Preventívne metódy kontroly

Modifikáciu vektorových biotopov, vhodných pre vývin nezrelých štádií komárov a reprodukciu imág, a informovanosť verejnosti, vedúcu k zmenám v ľudskom správaní, považuje ROSE (2001) za preventívne metódy smerujúce k obmedzeniu kontaktu človek – vektor. Úpravu biotopov vhodných pre vývin a reprodukciu *Culicidae* označujeme ako environmentálny manažment.

HAILE (2015) uvádza, že v posledných rokoch prišlo v Etiópii, ale i v iných afrických krajinách k rozsiahlemu využívaniu zavlažovania v poľnohospodárstve z dôvodu snahy zvýšiť jeho produktivitu. HAWARIA a kol. (2020) upozorňujú svojou štúdiou realizovanou v okolí závlahového areálu Arjo Dedessa v juhozápadnej Etiópii, že vybudovanie rozsiahlych zavlažovacích systémov vytvára nové vodné biotopy pre vývin nezrelých štádií komárov rodu *Anopheles* a podporuje tak aj šírenie malárie. Zistili, že počet biotopov komárov rodu *Anopheles* bol v zavlažovaných oblastiach približne dvakrát vyšší ako počet ich biotopov v nezavlažovaných oblastiach. Početnosť lariev v zavlažovaných biotopoch bola asi o 17 % vyššia ako v nezavlažovaných biotopoch komárov. Staršia štúdia KIBRETA a kol. (2010) potvrdzuje, že v etiópskych dedinách využívajúcich zavlažovanie bol zaevidovaný vyšší výskyt preimaginálnych štádií i imág potenciálnych vektorov malárie ako v nezavlažovaných dedinách. Vyššiu prevalenciu malárie v oblastiach pestovania

cukrovej trstiny s podporou závlah v porovnaní s oblasťami jej pestovania bez využitia závlah preukázali vo svojej štúdií JALETA a kol. (2013).

Vzhľadom na to, že komáre môžu predstavovať hrozbu prenosu pôvodcov infekčných ochorení, opatrenia environmentálneho manažmentu týkajúce sa napríklad diaľničných drenážnych systémov, kanalizácie a poľnohospodárstva, majú v jednotlivých štátoch legislatívnu podporu. Menšie, ale nie menej dôležité liahniská komárov (nádoby s vodou, kvetináče, jazierka bez rýb, pneumatiky a pod.) majú ľudia na svojich pozemkoch. Preventívne opatrenia súvisiace s redukciou zdrojov komárov si preto vyžadujú programy založené na účasti komunity a multidisciplinárny prístup (BECKER a kol., 2010).

SANCHEZ a kol. (2005) svojou štúdiou na Kube zistili, že vzdelávací program týkajúci sa horúčky Dengue prispel k zvýšeniu vedomostí o chorobách prenášaných komármi a viedol k praktickej redukcii zdrojov komárov realizovanej občanmi na svojich pozemkoch. Iné výsledky preukázala štúdia GRANTHAMOVEJ, ANDERSONOVEJ a KELLEYHO (2009) v Severnej Karolíne realizovaná prostredníctvom dotazníku. Jeho výsledky naznačili, že síce celkové vedomosti o živote komárov sa pohybovali na vysokej úrovni, reálna prax znižovania potenciálnych liahnisk komárov bola minimálna.

SHARMA a kol. (2007) si to vysvetľujú tým, že do vzťahu vedomosti – prax vstupujú rozdiely medzi socioekonomickými a demografickými skupinami. Danú skutočnosť riešili dotazníkmi a prieskumom DOWLING a kol. (2013) v domácnostiach s rôznym socioekonomickým statusom v metropole Washingtonu, DC. Celkové znalosti o životnom cykle komárov boli lepšie u respondentov s vyšším socioekonomickým statusom, ale motivácia realizovať kontroly zdrojov komárov v domácnostiach bola u respondentov s nižším socioekonomickým statusom väčšia. Motivácia sa neodzrkadlila vo vedomostiach a praktických možnostiach redukcie zdrojov komárov. Autori vyjadrujú presvedčenie, že nedostatočné znalosti o ekológii komárov inhibujú environmentálny manažment viac ako slabá motivácia. Kladú dôraz na orientáciu vzdelávacích kampaní na domácnosti s nižším socioekonomickým statusom.

DYE – BRAUMULLER, FREDREGILL a DEBBOUN (2020) spomínajú obyvateľmi realizovateľné opatrenia na zníženie zdrojov komárov v okolí sídiel. Ide o vyprázdňovanie nádob s vodou na záhradách, prípadne ich prekrytie sieťou proti hmyzu alebo vekom, udržiavanie priechodných strešných odkvapov umožňujúcich odvádzanie dažďovej vody, častá výmena vody v miskách pre zvieratá a kvetináčoch, a kosenie vegetácie. Výsledky štúdie YANGA a kol. (2019) ale ukazujú, že zníženie intenzity kosenia na mestských neobývaných pozemkoch nevedlo k nárastu početnosti imág.

Výskum bol realizovaný v štáte Ohio a samice komárov rodu *Culex* a *Aedes* boli zachytávané prostredníctvom pascí s oxidom uhličitým a pascí s využitím ovipozičného média. Účinnosť odstraňovania vegetácie ako preventívnej kontroly obhajuje LAWLER a kol. (2007). Porovnávali početnosť nezrelých štádií komárov na pozemkoch s odstránenou vegetáciou a neošetrených pozemkoch – na neošetrených pozemkoch bolo nájdených sedemkrát viac lariev a dvadsaťkrát viac kukiel.

PHUANUKOONNON, MUELLER a BRYAN (2005) zistili, že miera využívania viek na uzavretie nádob s vodou v Thajsku závisí od účelu použitia vody. Ukázalo sa, že z nádob na pranie bolo viečkom prekrytých len 36 %. Naopak, z nádob s pitnou vodou malo viečko až 96 %.

Kľúčovou súčasťou preventívnych metód je osobná ochrana proti obťažovaniu a bodnutiu komármi. Zahŕňa nosenie odevu s minimálne odhalenou pokožkou, používanie repelentných prípravkov (2.5 Chemická kontrola), používanie pascí proti komárom, ochranu obydli pomocou sieťok proti hmyzu a vyhýbanie sa vonkajším aktivitám na miestach výskytu komárov počas ich najväčšej aktivity (FOSTER, WALKER, 2019). ŠEBESTA, GELBIČ a PEŠKO (2011) počas komárej sezóny 2010 (od mája do septembra) stanovovali na južnej Morave (v Sedleci a Kančí obore) dennú aktivitu komárích samíc jednotlivých bežne sa vyskytujúcich druhov komárov na Slovensku a v Česku. Odchyt samíc sa uskutočnil prostredníctvom pascí s CO₂. Kalamitné druhy rodov *Aedes* a *Ochlerotatus* boli aktívne počas dňa aj noci. Druhy rodu *Culex* vykazovali aktivitu večer a v noci. Výrazná nočná aktivita bola typická aj pre samičky rodu *Anopheles*.

Pasce a lapače na komáre sú používané v niektorých oblastiach ako environmentálne šetrné prostriedky na kontrolu početnosti komárích populácií. Ide o CO₂ pasce, elektrické pasce, plynové lapače, prípadne ultrazvukové odpudzovače (ILKO, 2020).

Podľa SMITHA a kol. (2010) hromadný odchyt komárov pomocou pascí s CO₂ doplnenými o atraktant oktenol neznížil počet komárov v porovnaní s kontrolnými miestami. Odchyt sa uskutočňoval v parku St. Andrews na pobreží Mexického zálivu 24 hodín denne počas deviatich mesiacov a bol zameraný na zníženie populácií kalamitného druhu danej oblasti – *Aedes taeniorhynchus*. Naopak XUE, DOYLE, KLINE (2008) a CHAIPHONGPACHARA, BUNYUEN, CHANSUKH (2018) považujú využitie CO₂ v pasciach a boxoch na odchyt komárov ako vhodný prostriedok na zvýšenie ich účinnosti, pretože samice komárov pri hľadaní koristi sledujú pach CO₂. Druhá menovaná štúdia zároveň kladie dôraz na využitie čiernej farby na pasciach ako prostriedku na zvýšenie účinnosti odchyty komárov.

Insekticídne siete bývajú často ošetrené prípravkami na odpudzovanie, prípadne usmrtenie komárov pri styku so sieťou. Takto je prepojená mechanická ochrana s chemickou kontrolou. V oblastiach výskytu malárie a ďalších chorôb prenášaných komármi sú od 90. rokov 20. storočia využívané siete impregnované insekticídmi. Ide o metódu LLIN (long – lasting insecticidal nets) (BECKER a kol., 2010) (2.5 Chemická kontrola).

2.2 Genetická kontrola

Podľa ALPHEYA (2014) je cieľom stratégií genetickej kontroly hmyzích škodcov zavedenie žiaduceho dedičného elementu do cieľovej populácie škodcu, jej redukcia a následná eliminácia. Zlyhanie eliminácie populácie si vyžaduje opakované uvoľnenie modifikovaných škodcov, aby sa zachovala redukcia. Geneticky modifikovaný škodca sa stane nástrojom biologickej kontroly proti ostatným geneticky nemodifikovaným škodcom svojho druhu. Autor zaraďuje genetickú kontrolu ako podkategóriu biologickej kontroly. Genetické metódy kontroly sú druhovo špecifické, ich implementácia je závislá na párení. Využívajú sa ako doplnky alebo alternatívy tradičných metód.

Jednou z metód, pri ktorej dochádza ku genetickému zásahu, je stratégia SIT (*Sterile Insect Technique*). Do prírody sú vypúšťané sterilné samce. Samica po párení so sterilným samcom kladie počas celého života neoplozené vajíčka a neprispieva tak k vytvoreniu ďalšej generácie. Táto stratégia využíva fakt, že samice komárov kopulujú len jedenkrát za svoj život, a spermie získané kopuláciou sú uložené v spermatotéke. Vypúšťané sterilné samce konkurujú pri párení nesterilným samcom v prírode. Takto by mala byť populácia komárov redukovaná (BENELLI, JEFFRIES, WALKER, 2016). BECKER a kol. (2010) uvádzajú, že v minulosti sa sterilizácia uskutočňovala ponorením kukiel samcov do roztoku aziridinylovej zlúčeniny (tzv. chemosterilizácia). Dosiahla sa ňou vysoká úroveň sterility s minimálnou stratou kondície komáríh samcov. Obavy pracovníkov narábať s mutagénnymi aziridinylovými zlúčeninami a otázky environmentálny osud chemosterilantov viedli k sterilizácii kukiel ožarovaním gama lúčmi. Najčastejšie použitý je ^{60}Co , ktorý spôsobuje mutácie v spermiiach samcov.

Genetické metódy kontroly nepatria k úplne novým metódam, už niekoľko desaťročí sa uskutočňujú terénne pokusy s využitím stratégie SIT. V rokoch 1959 – 1960 prišlo prvýkrát k vypusteniu žiarením sterilizovaných samcov komárov *Anopheles quadrimaculatus* na Floride. Napriek tomu, že neexistovala žiadna sexuálna prekážka párenia sterilných samcov s voľne žijúcimi samicami, sterilné samce nedokázali navodiť

dostatočnú sterilitu v danej populácii. Samce boli nedostatočne mobilné a nedokázali v prirodzenom prostredí vyhľadávať samice (DAME a kol., 1964).

Počas dvoch komárích sezón v rokoch 1960 – 1961 boli na Floride uvoľnené sterilné samce *Aedes aegypti*. Metóda SIT účinná nebola. Príliš vysoké dávky žiarenia aplikované na kukly mali pravdepodobne za následok zníženie konkurencieschopnosti imág samcov po vypustení do prírody. Negatívne účinky vysokého žiarenia na kukly boli potvrdené aj realizáciou sterilizácie samcov *Culex quinquefasciatus* v Indii a na Floride počas rokov 1967 – 1974. Samce *Culex tarsalis* v Kalifornii boli ožarované nižšími dávkami žiarenia a následne sa preukázala ich plná konkurencieschopnosť pri vyhľadávaní samíc v prostredí. Kontrola ich populácií bola napriek tomu nedostatočná, z dôvodu asortatívneho párenia samíc (DAME a kol., 2009). MIKULÍČEK (2018) definuje asortatívne párenie ako popud jedného pohlavia sa prednostne páriť s opačným pohlavím na základe prítomnosti určitého geneticky kódovaného znaku. HELINSKI, PARKER a KNOLS (2009) svojou štúdiou potvrdili, že nižšie dávky gama žiarenia zabezpečujú len čiastočnú sterilitu, zatiaľ čo vyššie dávky dokážu indukovať sterilitu celkovú. Vyššie dávky ale spôsobujú nepriaznivé zmeny iných necieľových buniek, čím sa znižuje kondícia a konkurencieschopnosť samcov.

Komplikácie spôsobené potrebou vysokých dávok gama žiarenia na zabezpečenie úplnej sterility samcov vedú vedcov ku kombinovaniu SIT metódy s metódou cytoplazmatickej inkompatibility (DOBSON, 2021). PAGENDAM a kol. (2020) vysvetľujú, že ide o biologický mechanizmus, ktorý môže vyvolať baktéria *Wolbachia*. Ak sa samce infikované *Wolbachiou* krížia so samičkami, v tele ktorých sa *Wolbachia* nenachádza, prípadne obsahuje iný nekompatibilný kmeň *Wolbachie*, ich párenie neprinesie životaschopné potomstvo. Nastáva smrť embrya. Samce s *Wolbachiou* ale nie sú sterilné, pretože párenie so samičkami infikovanými rovnakým kmeňom tejto baktérie vedie k produkcii potomstva. Prostredníctvom embryonálnej cytoplazmy je táto baktéria prenášaná do ďalšej generácie.

V dedine vo východnom Thajsku bol počas šiestich mesiacov realizovaný pilotný výskum, pri ktorom týždenne v každej domácnosti vypustili 200 – 300 samcov *Aedes aegypti*. Samce boli infikované *Wolbachiou* a úspešne sterilizované nízkymi dávkami žiarenia. Miera liahnutia sa lariev z vajíčok a počet samíc *Ae. aegypti* v domácnostiach signifikantne poklesol (KITAYAPONG a kol., 2019). ZHENG a kol. (2019) vo svojej štúdií potvrdili účinnosť kombinácie týchto metód a vyzdvihujú jej šetrnosť k životnému prostrediu. Podarilo sa im eliminovať dve izolované populácie *Aedes albopictus* v meste Guangzhou. Ide o mesto s najvyššou rýchlosťou transmisie horúčky Dengue v Číne, pričom

jediným vektorom tohto ochorenia na danom mieste je práve cieľový druh komára tejto štúdie. Priemerný ročný počet vyliahnutých vajíčok na jeden ovitrap klesol o viac ako 94 %, počet dospelých samičích imág o 83 – 94 %.

Ďalšou kontrolnou stratégiou je RIDL (*Release of Insects carrying a Dominant Lethal*). Využíva geneticky modifikované samce. Do ich genómu je včlenený letálny gén špecifický pre samice komárov. Samce nie sú sterilné, ale pri párení s voľne žijúcimi samicami neprodukujú žiadne životaschopné samičie potomstvo. Párením vznikajú len samce, ktoré nesú smrteľný gén v heterozygotnej forme, a vzhľadom na dominanciu génu, prispievajú k eliminácii samíc v nasledujúcich generáciách. Smrť nastáva v larválnom štádiu alebo štádiu kukly (BENELLI, JEFFRIES, WALKER, 2016 a DOBSON, 2021).

Prvýkrát prišlo k aplikovaniu geneticky modifikovaných samcov na Kajmanskom ostrove. Počas štyroch týždňov sa samce *Aedes aegypti* vypustili na plochu 10 hektárov. Úspešne sa spáрили s voľne žijúcimi samicami a oplodnili ich vajíčka (HARRIS a kol., 2011). DOBSON (2021) dodáva, že pilotné testy využitia RIDL sa uskutočnili aj v Brazílii, Malajzii a na Paname. Tieto testy priniesli veľa otázok a pripomienok či už zo strany vedeckej komunity, alebo zo strany laickej verejnosti. Týkali sa narušenia ekosystému, ohrozenia ľudského zdravia a vplyvu stratégie RIDL na ďalšie snahy kontroly vektorov. Podporu obávam poskytli nejasné stanoviská vedeckej komunity. Príkladom je aj kontroverzné vyjadrenie EVANSA a kol. (2020) ktoré prehlasuje, že časť genómu geneticky pozmenených komárov bola začlenená do genómu pôvodnej cieľovej populácie. DOBSON (2021) uvádza, že Rada pre znižovanie komárov v USA (Mosquito Abatement Board) schválila ďalšie terénne pokusy RIDL, ktoré mali začať v roku 2021.

2.3 Biologická kontrola

Pri biologickej kontrole komáríh populácii sú využívané komárie predátory, parazity, patogény alebo toxíny z mikroorganizmov. Biologická kontrola v sebe integruje redukcii komáríh populácií a ochranu ekosystémov pred nepriaznivými toxikologickými účinkami chemickej kontroly, ktorá využíva pesticídy (FOSTER, WALKER, 2019). ILKO (2020) dodáva, že buď sa umelo zvyšuje početnosť komáríh predátorov či parazitov v ekosystéme, alebo sa prirodzene zväčšuje ich populácia podporením ich konkrétnych ekologických nárokov.

Na biologickú kontrolu je efektívnejšie používať predátory a parazity preimaginálnych štádií. Dôvodom je, že larvy a kukly komárov žijú a vyvíjajú sa

koncentrovane na jednom mieste, zatiaľ čo imága sú rozptýlené po okolí. Životný cyklus komárov je pomerne krátky, ale rýchlosť reprodukcie je vysoká. Aby dokázal predátor účinne redukovať populáciu komárov, musí mať tiež tieto vlastnosti r – stratégov alebo vysokú mieru kŕmenia (BECKER a kol., 2010).

Zo stavovcov patria k účinným predátorom komárov ryby, obojživelníky a vtáky. Podľa CHANDRA a kol. (2008) ryby *Gambusia affinis* a *Poecilia reticulata* sú na požívanie lariev komárov žijúcich pri a na hladine vodných plôch prispôsobené ústami smerujúcimi nahor. CABRERA a kol. (2017) dodávajú, že živorodosť, vysoká miera reprodukcie, tolerancia voči zmenám teploty, zmenám salinity a organickému znečisteniu, tvoria predpoklad pre úspešné prežitie a reprodukciu týchto druhov v rôznych vodných biotopoch.

Veľký záujem o aplikáciu rýb požírajúcich komárie larvy s cieľom redukovať populácie *Culicidae* nastal už v prvej polovici 20. storočia. HACKETT (1937) vyzdvihol význam *G. affinis* z hľadiska kontroly malárie v Európe. Staršia práca z obdobia masívneho využívania rýb rodu *Gambusia* ako biologického prostriedku ukazuje, že v rybníkoch s umiestnením týchto rýb prichádzalo k zníženiu početnosti lariev a kukiel komárov. Po ich vylovení sa počet lariev a kukiel znovu zvýšil (DURYEA a kol., 1996). Zníženie počtu lariev *Anopheles gambiae* rybím predátorom *G. affinis* pozorovali aj CHOBU a kol. (2015). Zároveň prítomnosť predátora brzdila rýchlosť vývinu a rast lariev. Podľa štúdie WILLEMSA, WEBBA a RUSSELLA (2005) je schopnosť predácie *G. affinis* na preimaginálnych štádiách znížená v prítomnosti vodnej vegetácie.

Gambusia affinis aj *Gambusia holbrooki* boli pre schopnosť redukovať populácie komárov zavedené do vodných plôch v mnohých oblastiach sveta ako nepôvodné druhy. Ich pôvodným výskytom sú sladkovodné nádrže na východnom pobreží USA. Aplikácia *G. affinis* a jej zavlečenie do nepôvodných biotopov môže ohroziť prežívanie a existenciu pôvodnej fauny. Autori upozorňujú, že *G. affinis* môže dokonca zvýšiť početnosť komárov prostredníctvom požírania iných potenciálnych predátorov komárov (CABRERA a kol., 2017). BROCK a KAM (1997) preukázali, že šesť mesiacov po zavedení *G. affinis* do brakického biotopu havajskej krevety z čeľade *Atyidae* prišlo k jej úplnému vymiznutiu z daného biotopu. RINCON a kol. (2002) zistili, že *G. holbrooki* narušuje reprodukčné správanie a preduje na mladých jedincoch ohrozených španielskych endemických rýb *Aphanius iberus* a *Valencia hispanica*. Rovnako MILLS, RADER a BELK (2004) upozornili, že prítomnosť *G. affinis* predĺžila telesný rast a redukovala početnosť mláďat ohrozeného druhu ryby *Iotichthys phlegethontis*.

Podľa BECKERA a kol. (2010) je pred použitím biologickej kontroly nevyhnutná presná znalosť ekológie použitého komárieho antagonistu z pohľadu jeho interakcie s ekosystémom a porozumenie vzťahu predátor – korisť, prípadne parazit – hostiteľ. Eliminuje sa tak riziko vytesnenia pôvodných populácií predátorov komárov novo vypustenými predátormi. STEVEN a kol. (2021) tvrdia, že je dôležité poznať, aký druh koristi predátor preferuje, aby sa zabezpečila dostatočná efektivita biologickej kontroly. Autori zistili, že spomedzi lariev *Anopheles gambiae*, *Culex quinquefasciatus* a *Aedes aegypti* bol najpreferovanejším druhom potravy pre *G. affinis* práve posledný menovaný.

Mloky a larvy mlokov sú efektívnymi predátormi komárích lariev a kukiel. Žaby sú ako predátory komárov menej účinné (BLUM, BASEDOW, BECKER, 1997). Potvrdzujú to výsledky štúdie WATTERSOVEJ, ROWLANDOVEJ a SEMLITSCHA (2018), ktorí zistili, že larvy mloka *Ambystoma maculatum* boli schopné skonzumovať dvakrát viac preimaginálnych štádií komárov ako larvy žaby *Rana sphenoccephala*.

Komáre sú zdrojom potravy mnohých druhov vtákov. Z dôvodu odlišných fáz aktivity komárov a vtákov, neponímame vtáky ako výrazný prostriedok biologickej kontroly komárov. Zastúpenie komárov v potrave vtákov narastá počas záplav pri vysokej početnosti záplavových komárov. Pre vtákov však nejde o stabilný zdroj potravy (BECKER a kol., 2010).

2.3.1 Mikrobiálne kontrolné činidlá – *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) a *Bacillus sphaericus* (Bs)

Okrem kontroly početnosti komárov využitím ich prirodzených predátorov je v súčasnosti rozšírené použitie mikrobiálnych kontrolných činidiel – *Bacillus thuringiensis israelensis* (ďalej len ako Bti) a *Bacillus sphaericus* (ďalej ako Bs). Tieto baktérie tvoria proteíny, ktoré sú vysokotoxické pre larvy *Culicidae*. Proteíny Bti pôsobia i na larvy *Simuliidae* (muškovité). Bs môže pri aplikácii vyšších dávok nepriaznivo účinkovať aj na larvy *Psychodidae* (kútovkovité) (BECKER a kol., 2010, JAYAPRIA, SHOBA, 2014).

Počas sporulácie baktéria Bti vytvára inklúzie, tzv. parasporálne kryštály, v ktorých sú koncentrované neaktívne protoxíny. Po ich konzumácii cieľovým organizmom sa protoxín dostáva do kontaktu so zásaditým prostredím stredného čreva komára (pH >10) a rozpúšťa sa. Vhodné črevné proteínázy zabezpečia konverziu protoxínu na biologicky aktívny toxín. Na povrchové receptory epitelových buniek stredného čreva sa naviaže aktívny toxín. Nastáva osmoregulačný šok a epitelové bunky čreva prasknú.

Buď príde k paralýze larvy a rýchlej smrti, alebo larvy prestanú prijímať potravu a smrť nastane do 2 – 3 dní. Necieľové organizmy bez kyslého črevného prostredia a bez charakteristických receptorov epitelových buniek čreva nedokážu aktivovať protoxín, a preto Bti u nich neúčinkuje (JAYAPRIA, SHOBA, 2014). FOSTER a WALKER (2019) dodávajú, že mechanizmus účinku Bs je podobný, ale vykazuje zvlášť výraznú toxicitu pre rod *Culex*. Dlhšie zotráva vo vode, takže sa časové rozpätie medzi ošetreniami môže predĺžiť a dosiahne sa dlhotrvajúcejšia kontrola.

Podľa DEPRÉSA, LAUGNEAU a FRUTOSA (2011) je Bti environmentálne bezpečný a cieľovo špecifický prostriedok na kontrolu komárovitých. Existuje veľké množstvo štúdií podporujúcich environmentálnu bezpečnosť Bti pri dodržiavaní odporúčaných aplikačných dávok. LAGADIC a kol. (2016) sledovali vplyv aplikácie tohto prostriedku na necieľové vodné bezstavovce štyri po sebe nasledujúce roky na miestach ošetrovaných Bti v kontinentálnom Francúzsku a na Korzike. Výsledky ukázali, že použitie Bti nemalo okamžitý ani dlhodobější vplyv na štruktúru a abundanciu taxónov necieľových vodných bezstavovcov, vrátane *Chironomidae* (pakomárovité). K podobnému výsledku sa dopracovali WOLFRAM, WENZL a JERRENTROP (2018), ktorí skúmali počas troch rokov krátkodobé dopady leteckej aplikácie Bti na *Chironomidae* a *Culicidae* v dočasných vodách Dyje a Moravy v Rakúsku. Celková početnosť cieľových *Culicidae* sa po ošetrení žiadane znížila, ale vplyv na zmenu početnosti a diverzity *Chironomidae* nebol preukázaný. Štúdia DERUA a kol. (2018) odhalila, že ani použitie dlhotrvajúcich formulácií *Bacillus thuringiensis israelensis* a *Bacillus sphaericus* (LLML) nezmenila druhovú bohatosť a početnosť vodných necieľových taxónov v ošetrovaných biotopoch v západnej Keni. Preukázateľne sa znížila len hustota lariev vektorov malárie.

Naopak, mnohé štúdie sa zameriavajú na možné nepriame účinky Bti vo vodných ekosystémoch z pohľadu narušenia potravných reťazcov medzi predátorom a korisťou. Výsledky JAKOBA a POULINA (2016) naznačujú, že postrek Bti znížil početnosť komárov a pakomárov. Tie predstavujú hlavné zdroje potravy pre vážky (*Odonata*). Z dôvodu ich potravnovej deprivácie bola redukovaná početnosť a diverzita vážok. Autori v diskusii uvádzajú, že výskum mohli ovplyvniť iné biologické a fyzikálne faktory (zloženie a hustota vegetácie, hladina vody a pod.). BORDALO a kol. (2021) dokumentujú citlivosť čel'ade *Chironomidae* aj na nízkej koncentrácii Bti (12 mg Bti/l). Autori na základe výsledkov svojej štúdie vyzývajú na potrebu ďalšieho výskumu na úrovni ekosystémov smerujúceho k preskúmaniu potenciálnych nepriamych účinkov týchto látok.

2.4 Chemická kontrola

Chemická kontrola komáríh populácií sa uskutočňuje prostredníctvom insekticídov, ktoré sú jednou zo skupín pesticídov na základe ich klasifikácie podľa cieľového organizmu. OROLÍNOVÁ (2009) a ALEWU, NOSIRI (2011) charakterizujú pesticídy ako chemikálie určené k regulácii alebo eliminovaniu nežiaducich foriem života alebo organizmov. BECKER a kol. (2010) rozdeľuje insekticídy používané pri kontrole komárov na 5 chemických skupín: organochlórované uhl'ovodíky, organofosfáty, karbamáty, pyretroidy a regulátory rastu hmyzu.

Regulátory rastu hmyzu narúšajú normálnu činnosť endokrinného alebo hormonálneho systému a ovplyvňujú vývin, reprodukciu a metamorfózu cieľového hmyzu. Podľa spôsobu účinku rozlišujeme dve skupiny regulátorov. Narušenie zvliekania kutikuly a vzniku novej zabezpečujú inhibítory syntézy chitínu, ako napríklad diflubenzurón alebo cyromazín. Rozladenie priebehu metamorfózy a prechodu do štádia imága sprostredkávajú analógy juvenilného hormónu hmyzu (GAD a kol., 2021).

DDT (dichlórdifenyiltrichlóretán), patriaci do skupiny organochlórovaných uhl'ovodíkov, je veľmi účinným insekticídom, ale jeho stabilita vedie k dlhodobej kontaminácii životného prostredia a bioakumulácii v potravných reťazcoch. Väčšina krajín sveta v reakcii na nepriaznivé účinky chlórovaných uhl'ovodíkov zakázala ich používanie v priebehu 70. – 80. rokov 20. storočia. Naďalej ale zostáva súčasťou vektorovej kontroly v mnohých afrických krajinách. Chlórované uhl'ovodíky boli nahradené organofosfátmi a karbamátmi, ale z dôvodu ich preukázanej toxicity a postupného vyradovania boli zastupované novou triedou insekticídov – pyretroidmi (PALMQUIST, SALATAS, FAIRBROTHER, 2012).

Problematika organochlórovaných uhl'ovodíkov, organofosfátov a karbamátov z pohľadu nepriaznivých účinkov na životné prostredie, necieľové organizmy a človeka je rozsiahla. Bližšie sa budeme venovať skupine pyretroidov, konkrétne cypermetrínu a deltametrínu, pretože v našej práci sme overovali rezistenciu komárov práve na tieto látky.

Pyretroidné insekticídy obsahujú prírodné pyretríny extrahované z kvetov *Chrysanthemum cinerariaefolium* a *Chrysanthemum coccineum*, alebo ide o syntetické analógy pyretrínov (MATSUO, 2019). PALMQUIST, SALATAS, FAIRBROTHER (2012) dodávajú, že pyretríny vykazujú prirodzené insekticídne vlastnosti, ktoré boli rozpoznané už v 19. storočí. Na začiatku 20. storočia sa uskutočňovali výskumy ich chemického zloženia a pokusy o syntézu analógov týchto látok. Aletrín, prvý syntetický pyretroid, bol pripravený

v roku 1949. GAJENDIRAN a ABRAHAM (2018) vysvetľujú, že pyretróidy boli syntetizované z dôvodu zvýšenia insekticídnej aktivity pyretrínov, zotrvačnosti v prostredí a stability voči svetlu.

Podľa GAJENDIRANA a ABRAHAMA (2018) možno pyretróidy na základe ich toxicity a chemických vlastností rozdeliť na dve skupiny. Základom štruktúry prvej skupiny sú estery cyklopropánkarboxylovej kyseliny. Ide napríklad o aletrín, bifentrín, permetrín alebo fenotrín. Pyretróidy patriace do druhej skupiny majú vo svojej štruktúre kyanoskupinu. Vyvolávajú choreoatetózu (poruchy pohybu) a hypersaliváciu. Patria sem cypermetrín, deltametrín, cyflutrín, flumetrín a pod.

Mechanizmus účinku pyretróidov spočíva v reakcii so sodíkovými kanálmi na membránach neurónov. Signál z neurotransmitera vyvolá špecifický impulz, ktorým sa sodíkové kanáliky otvoria. Pyretróid následne predĺži dobu ich otvorenia, čo vyvoláva viacero nervových impulzov namiesto jedného. Vede to k postupnej celkovej paralýze tela (MATSUO, 2019).

Často používaným širokospektrálnym pyretróidom je cypermetrín. Spôsobuje hyperexcitáciu centrálného nervového systému, inhibuje aktivitu enzýmu slúžiaceho k rozkladu neurotransmiterov (monoaminoxidáza) a ovplyvňuje aj enzým nevyhnutný pre bunkovú energiu (adenozíntrifosfát). Prejavmi akútnej toxicity u laboratórnych zvierat je podráždenosť, kŕče, narušenie svalových kontrakcií, nadmerné slinenie a zákal rohovky. Ľudia, ktorí boli vystavení tejto látke, popisovali bodavý a páliový pocit v tvári, nevoľnosť, bolesti hlavy, nechutenstvo, závraty a pod. Pri dlhšom vystavení vyššej koncentrácii cypermetrínu dochádza až k svalovým záškľbom a upadnutiu do bezvedomia. U myši, ktoré boli vystavené tejto látke, sa častejšie vyskytovala rakovina pľúc. Cypermetrín sa klasifikuje ako potenciálny karcinogén aj u človeka (COX, 1996).

MESTRE a kol. (2019) analyzovali profil krvi plazy *Salvator merianae* žijúceho v poľnohospodárskych oblastiach Argentíny, ktoré sú ošetrované insekticídmi s obsahom cypermetrínu. Na základe niekoľkých krvných parametrov skonštatovali, že cypermetrín má imunopresívny účinok, a tak potláča schopnosť obrany *S. merianae* proti vonkajším vplyvom. Závažné účinky cypermetrínu s koncentráciou 10 % a 20 % na imunitný systém kapra obyčajného (*Cyprinus carpio*) naznačili svojou štúdiou aj SOLTANIAN a FERREIDOUNI (2017). V porovnaní s kontrolnou skupinou exponované ryby vykazovali výrazné zníženie počtu leukocytov a zvýšenie hladiny neutrofilných granulocytov. Na poškodenie genetického materiálu a následnú apoptózu žiabrových a pečenej buniek *Cyprinus carpio* poukázali KHAFAGA a kol. (2020). Štúdia PARAVANIHO a kol. (2019)

tiež upriamuje pozornosť na znehodnotenie DNA žiabrových buniek rýb rodu *Danio* po expozícii cypermetrínu. Experimentálna skupina v porovnaní s kontrolou vykazovala i modifikáciu aktivity superoxiddismutázy a katalázy, ktoré sa podieľajú na udržiavaní rovnováhy ROS. GREWAL a kol. (2010) pozorovali nežiaduce účinky cypermetrínu (5 a 20 mg/kg/deň) na reprodukčné procesy laboratórnych potkanov pri jeho perorálnom podávaní. Pri vyššej dávke spôsobil u samcov zníženie hmotnosti semenníkov a ich histologické zmeny, stratu spermatogenézy a zníženie syntézy pohlavných steroidných hormónov. U samíc potkanov pri vystavení vyšším dávkam absentovali oocyty a tekutina v Graafových folikuloch.

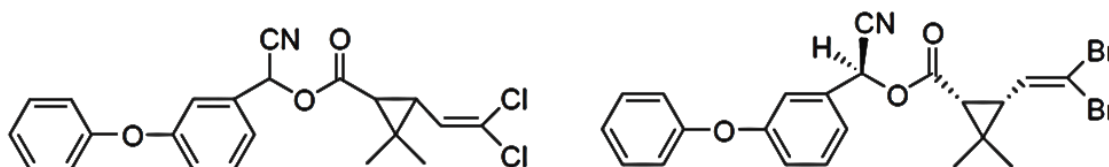
Širokopoužívaným účinným pyretroidom na kontrolu imág komárov je aj deltametrín. JIANG a kol. (2021) preukázali, že jeho expozícia spôsobila závažný oxidačný stres u populácie sladkovodných kreviet *Macrobrachium nipponense*. Indikovala to aktivita peroxidázy, akumulácia peroxidu vodíka, zníženie superoxiddismutázy a glutatiónu. Pozorovaná bola znížená expresia génov kódujúcich imunitné reakcie, čím autori poukázali na imunosupresívny účinok tejto látky. Deltametrín spôsobil nevratné poškodenie tkaniva žiaber. Oxidačný stres buniek laboratórnych potkanov vyvolaný orálnou kontamináciou deltametrínom uvádzajú vo svojej experimentálnej práci i NOAISHI, ELFATTAH a EL-TAYEB (2021). Usmrteným zvieratám bola odobratá kostná dreň a potvrdili sa mutagénne účinky deltametrínu pri dávkach od 0,24 po 250 miligramu prípravku na kilogram hmotnosti potkana. V štúdií ÖZKANA a ÜSTÜNERA (2012) sa v bunkách kostnej drene laboratórnych potkanov pri aplikácii deltametrínu v dávkach 50, 100 a 200 mg/kg hmotnosti navýšil počet mikrojadier. Tie predstavujú určité fragmenty chromozómov, ktoré sa zapojili do procesu bunkového delenia. Narástol tak počet buniek s abnormálnymi chromozómami. SOUZA a kol. (2020) zistili, že deltametrín s koncentráciou 1,3 – 2,2 µg/l spôsobuje akútnu neurotoxicitu všetkých piatich študovaných druhov rýb z regiónu Amazónie. Ryby vykazovali zmeny správania, čo pravdepodobne predstavovalo stresovú reakciu na toxické účinky pyretroidu. Išlo o nepokoj, nepravidelné plávanie do kruhu, silné pozorovateľné sťahy tela, stratu rovnováhy a stmavnutie tela. Ryby reagovali už na veľmi nízke koncentrácie tejto látky. Autori upozorňujú, že intenzívne využívanie deltametrínu najmä v poľnohospodárstve Brazílie v blízkosti vodných plôch má negatívne účinky na populácie týchto druhov.

Podľa údajov z kariet bezpečnostných údajov sú prípravky s účinnou látkou cypermetrín [4] a prípravky s účinnou látkou deltametrín [5] toxické až smrteľné po požití, toxické až smrteľné pri vdýchnutí, závažne dráždia dýchacie cesty a sú veľmi toxické pre

vodné organizmy z hľadiska akútnej i chronickej toxicity. COX (1996) vysvetľuje, že ryby štiepia pyretroidy s oveľa nižšou účinnosťou ako vtáky a cicavce. Preto sú obzvlášť citlivé pri kontakte s prípravkami, ktoré obsahujú cypermetrín a deltametrín.

Na obrázku 6 sú uvedené chemické štruktúry a v tabuľke 1 IUPAC názvy účinných látok pyretroidných insekticídov, ktoré boli aplikované na komáre v našej práci pre overovanie prítomnosti rezistencie.

Obr. 6: Chemická štruktúra cypermetrínu (ľavá snímka) a deltametrínu (pravá snímka) (zdroj: MATSUO, 2019)



Tab. 1: IUPAC názvy pyretroidných účinných látok cypermetrín a deltametrín

triviálny názov	IUPAC názov
cypermetrín	(3-fenoxyfenyl)-(kyano)metyl-3-(2,2-dichlórvinyl)-2,2-dimetyl-cyklopropánkarboxylát
deltametrín	O-[(S)-(3-fenoxyfenyl)-(kyano)metyl]-(1R,3R)-3-(2,2-dibrómvinyl)-2,2-dimetylcyklopropánkarboxylát

3 Rezistencia

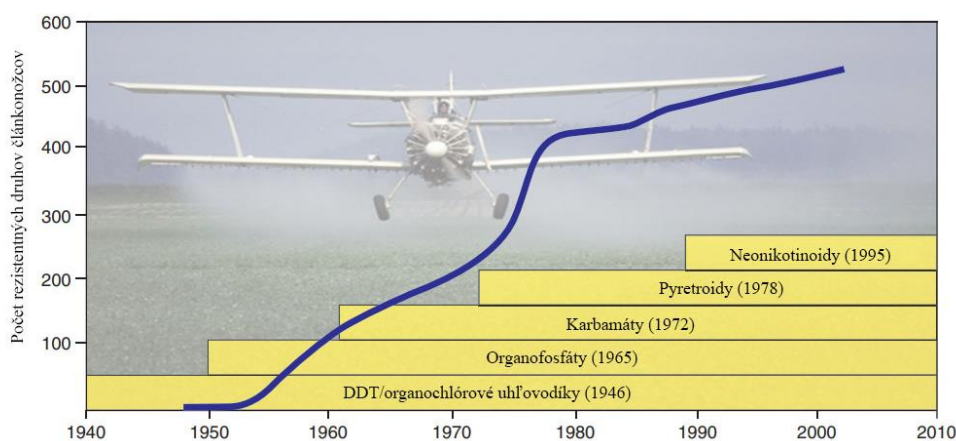
Nevyhnutnou súčasťou globálnej stratégie na predchádzanie chorobám, reguláciu, prípadne redukciu chorôb prenášaných komármi je práve vektorová kontrola. Kontrolu vektorov je možné realizovať všetkými vyššie uvedenými spôsobmi, no v skutočnosti sa vo veľkej miere uskutočňuje najmä pomocou insekticídov. V súčasnosti sú široko používanými v tejto oblasti najmä pyretroidy. LIU a kol. (2006) a BENELLI, JEFFRIES, WALKER (2016) upozorňujú, že aplikácie insekticídov musia byť regulované a uvážené, a to nielen z hľadiska kontaminácie životného prostredia a ohrozenia zdravia, ale aj z dôvodu prítomnosti rezistencie hmyzu voči viacerým skupinám insekticídov.

PALMQUIST, SALATAS, FAIRBROTHER (2012) definujú rezistenciu voči pesticídom ako prispôbenie sa populácie škodcov na pesticíd v reakcii na jeho pravidelnú aplikáciu. Prispôbenie sa prejavuje zníženou citlivosťou organizmu na aplikovaný

pesticíd. Podľa WHO (2018) je insekticídna rezistencia schopnosť niektorých jedincov z populácie prežiť vystavenie takej dávky insekticídu, ktorá by bola pre väčšinu jedincov v normálnej populácii toho istého organizmu smrteľná.

Na grafe 1 je znázornený vývoj rezistencie rôznych druhov článkonožcov, vrátane komárov, na jednotlivé skupiny insekticídov. DDT bolo syntetizované v roku 1939 a graf začína prvým zaznamenaným prípadom rezistencie na túto látku v roku 1946. Žlté obdĺžniky ohraničujú približné obdobie, počas ktorého boli dané insekticídy používané. Roky v zátvorkách pri názvoch zaznamenávajú čas, kedy bol zdokumentovaný prvý prípad rezistencie na niektorý insekticíd z danej triedy insekticídov. Modrá čiara (počet rezistentných druhov článkonožcov) má neustály vzrastajúci trend.

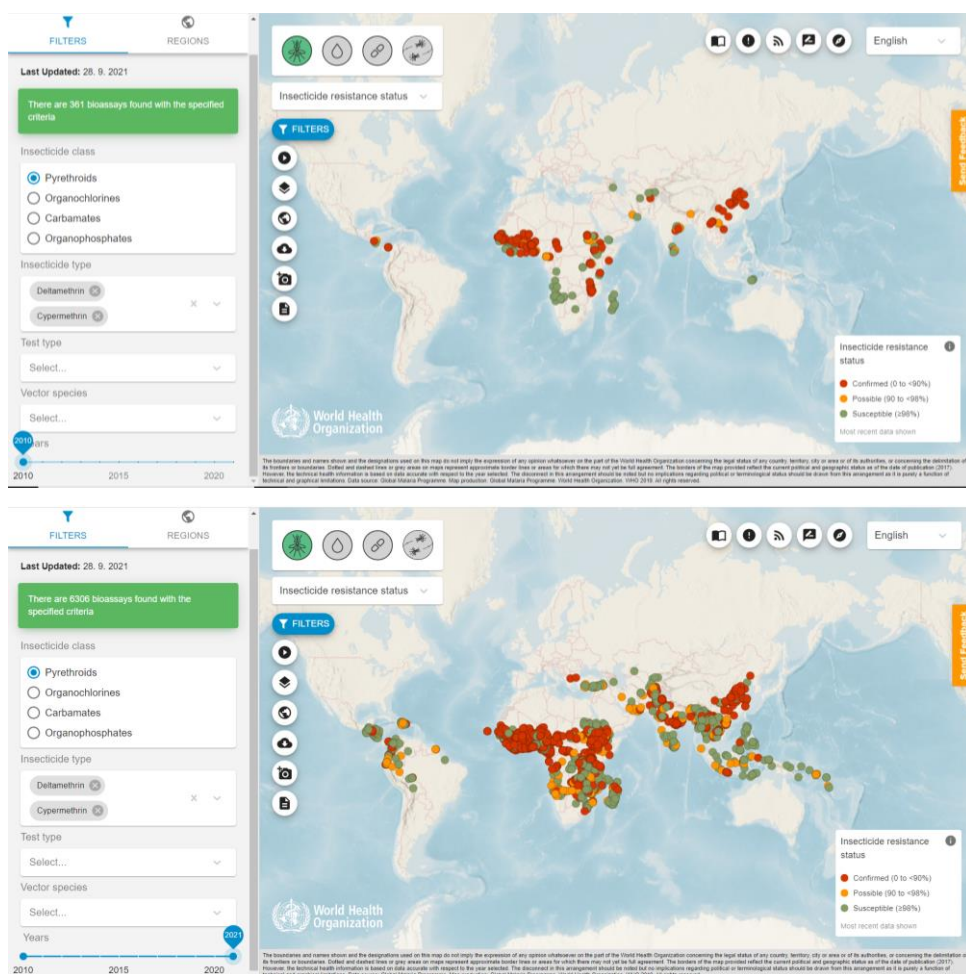
Graf 1: Vývoj rezistencie rôznych druhov článkonožcov voči viacerým triedam insekticídov (zdroj: DENHOLM, DEVINE, WILLIAMSON, 2002 (úprava a preklad: autor))



LIU (2015) uvádza, že pyretroidy sú najpoužívanejšie insekticídy na kontrolu vektorov malárie a ide o chemikálie, ktorými sa v krajinách s vysokou prevalenciou malárie impregnujú siete proti komárom tzv. LLIN (*long-lasting insecticidal nets*). Tým, že sú siete neustále prítomné v interiéri obydí, vo vzduchu je prítomný zvyškový pyreteroid, a tak sú komáre v okolí vystavené neustálemu selekčnému tlaku. KALIYAPERUMAL a SHANMUGAVELU (2013) uvádzajú, že pravidelné, neuvážené a nevhodné používanie pyreteroidov je hlavným zdrojom rezistencie.

Na obrázku 7 je znázornený celosvetový nárast rezistencie na cypermetrín a deltametrín, ktoré boli predmetom záujmu našej práce.

Obř. 7: Rezistencia na pyretroidné účinné látky cypermetrín a deltametrín – v roku 2010 (horná snímka) a v roku 2021 (dolná snímka) [6]



Rezistencia na pyretroidy je väčšinou zabezpečená dvoma mechanizmami. Jedným z nich je bodová mutácia génu kódujúceho sodíkový kanál a vedie k jeho nižšej citlivosti až necitlivosti na pôsobenie pyretroidu. Druhým možným mechanizmom je zvýšená aktivita detoxikačných enzýmov schopných metabolizovať pyretroid skôr, ako sa dostane k cieľovému miestu sodíkového kanála (MACHANI a kol., 2020).

BALABANIDOU, GRIGORAKI a VONTAS (2018) vysvetľujú, že selekčný tlak vyvolaný pôsobením pyretroidného insekticídu môže spôsobiť u hmyzu aj kutikulárne zmeny, a tým zvýšiť intenzitu rezistencie. Nadmerná expresia génov kódujúcich vytváranie štruktúrnych komponentov kutikuly vedie k jej zhrubnutiu, prípadne nadmerná expresia génov kódujúcich kutikulárne transportéry vedie k zmene jej zloženia. Zhrubnutím alebo modifikáciou kutikuly sa spomalí až zastaví penetrácia molekúl insekticídu do tela hmyzu.

WIRTH a kol. (2005) považujú vytvorenie rezistencie pri bakteriálnych kontrolných činidlách (2.3.1 Mikrobiálne kontrolné činidlá - *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti)

a *Bacillus sphaericus* (Bs)) za menej pravdepodobné, pretože mechanizmus ich pôsobenia je zložitejší. HUANG, HIGGS a VANLANDINGHAM (2017) objasňujú, že prijatím sporulovaných buniek Bti larva komára zároveň prijíma päť toxínových proteínov – Cry4A, Cry4B, Cry10A, Cry11A. Viazu sa na špecifické glykoproteínové receptory nachádzajúce sa na epiteli čreva lariev. Piaty CytA sa nešpecificky viaže na lipidy.

Rezistencia komárov na Bti v teréne nebola preukázaná a opísaná. Uskutočnili sa mnohé laboratórne snahy umelého navodenia rezistencie pôsobením vysokých dávok Bti u viacerých druhov komárov. GEORGHIOU a WIRTH (1997) opakovane vystavili larvy *Culex quinquefasciatus* pôsobeniu *Bacillus thuringiensis* v laboratóriu. Bolo pozorované 3,2-násobné zvýšenie rezistencie na Bti ako výsledok selekčného tlaku na 28 generáciách. SALEH a kol. (2003) preukázali 2,78-násobne vyššiu odolnosť na Bti po selekčnom tlaku pôsobiacom na 20 generáciách *Culex pipiens*, teda na efektívne usmrtenie rezistentných lariev bola potrebná 2,78-násobne vyššia dávka Bti v porovnaní s nerezistentnými larvami. TETREAU a kol. (2012) získali po vystavení 30 generácií lariev *Aedes aegypti* danému mikrobiálnemu činidlu 3,5-násobne vyššiu rezistenciu. BRÜHL a kol. (2020) uvádzajú, že pri Lepidoptera a Coleoptera sa po expozícií iným poddruhom Bt. vyvíja viac ako 1000-násobná rezistencia pri približne 20 – 30 generáciách. Autori vysvetľujú, že mechanizmy rezistencie pri týchto poddruhoch *Bacillus thuringiensis* sú špecifické väčšinou pre jeden toxín, a tak postačuje konkrétna mutácia membránového receptoru. Ak by sa mala dosiahnuť takáto úroveň rezistencie u komárov, boli by potrebné viacnásobné mutácie vo viacerých génoch, kde autori hovoria o oveľa nižšej pravdepodobnosti.

Empirická časť

4 Výskumný cieľ práce

Rezistencia komárov na pyretróidy má vo svete neustále vzrastajúci trend a je problémom v boji proti ochoreniam, ktorých pôvodcov prenášajú komáre. Na základe údajov od RÚVZ, získaných v zmysle zákona č. 211/2000 Z. z. o slobodnom prístupe k informáciám a o zmene a doplnení niektorých zákonov (zákon o slobode informácií), za roky 2018 – 2021 sú v Slovenskej republike bežne používanými insekticídmi na kontrolu komáríh populácií pyretróidy s účinnými látkami cypermetrín a deltametrín. Kľúčovým cieľom diplomovej práce bolo zhodnotiť stav rezistencie komárov rodov *Aedes* a *Culex* na cypermetrín a deltametrín v troch lokalitách v povodí rieky Morava – Vysoká pri Morave, Suchohrad a Devínska Nová Ves. Aby sa mohlo predchádzať budovaniu rezistencie v krajine, je nevyhnutné jej vývin monitorovať a následne rozhodnúť o vhodnej metóde kontroly komárov.

5 Územie, materiál a metodika

5.1 Vytýčenie odberového územia

Náš výskum sa uskutočňoval na slovenskom území v prihraničnej oblasti s Rakúskom, Českou republikou a Maďarskom. Lokality odberu lariev a kukiel komárov sa nachádzajú v povodí rieky Morava v juhozápadnej časti Záhorskej nížiny na západnom Slovensku. Išlo o Vysokú pri Morave a Suchohrad, obce ležiace v tesnej blízkosti nivy a terás rieky Morava, a Devínsku Novú Ves, mestskú časť Bratislavy, cez ktorú tiež tečie táto rieka.

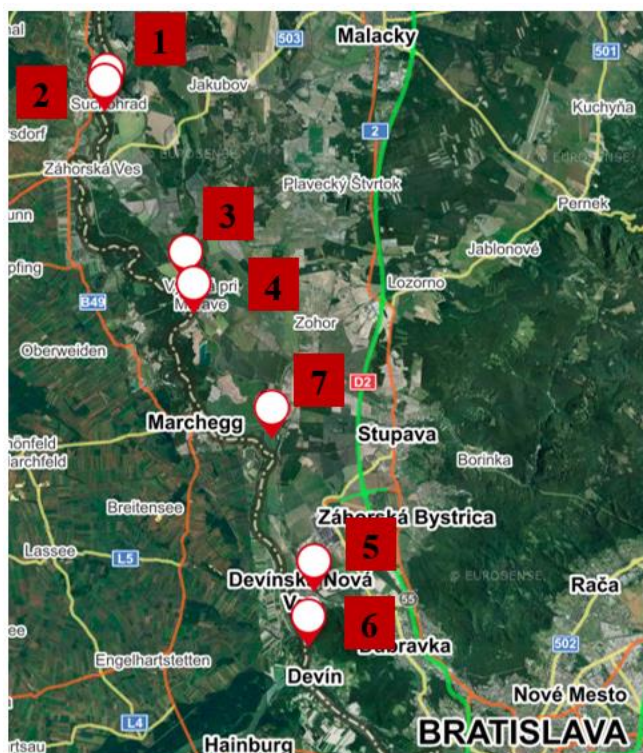
Niva rieky Moravy bola v minulosti významným mokradňovým územím s trvalo alebo sezónne zaplavenými lužnými lesmi a lúkami. Nešetrné zásahy a regulácia toku rieky pre účely rozšírenia ornej pôdy, kontroly častých záplav a podmáčania pôdy, viedli k postupnému redukovaniu mokradí (ŠEFFER, STANOVÁ, 1999). Napriek tomu ČÍŽKOVÁ a kol. (2013) uvádzajú, že ide o jedno z území strednej Európy s najzachovalejšími mokradňami v nive nížinnej rieky. ŠEFFER a STANOVÁ (1999) dodávajú, že mokrade v okolí Moravy boli v roku 1993 pre ich ekologickú funkciu zaevidované do medzinárodne významných lokalít Ramsarského dohovoru.

Biotopy lužných lesov, lúk a vodných plôch v nich poskytujú čeľadi *Culicidae* vhodné podmienky pre reprodukciu a životný cyklus. To sa odzrkadľuje v početnosti a diverzite komárov v tejto oblasti. Pravidelné záplavy vedú k premnoženiu tzv. kalamitných druhov komárov, ktorými sú rody *Aedes* a *Ochlerotatus*. V blízkosti obydľí, v liahniskách vytvorených neúmyselne človekom, sa liahnu vo veľkých množstvách najmä komáre rodu *Culex*.

5.2 Charakteristika lokalít využitých na zber jedincov

Na obrázku 8 je vyznačených sedem lokalít, odkiaľ sa uskutočňoval odber preimaginálnych štádií komárov, prevažne lariev 4. instaru a kukiel. Vzhľadom na odlišné požiadavky pri ovipozícii a vývine sú v rámci Suchohradu dve lokality odberu lariev a kukiel. Rovnako tak vo Vysokej pri Morave. Z jednej lokality v danej oblasti boli odoberané larvy a kukly komárov rodu *Culex*. Z druhej lokality tejto oblasti larvy a kukly kalamitných komárov rodu *Aedes*. Intravilán Devínskej Novej Vsi poslúžil na odber preimaginálnych štádií komárov rodu *Culex*. Komáre rodu *Aedes* boli odobraté z okolia Devínskeho jazera a druhý odber bol realizovaný z lužného lesa blízko Devínskej Novej Vsi (tabuľka 2).

Obr. 8: Lokality vyznačené na mape [7] (úprava: autor)



Tabuľka 2 zahŕňa súradnice lokalít. Zároveň uvádza, aký rod lariev a kukiel bol z príslušnej lokality odobratý.

Tab. 2: Súradnice lokalít a odobraté rody

lokality	N.	E.	rod
1	48°24'26.3"	16°51'21.2"	<i>Culex</i>
2	48°24'13.1"	16°51'17.3"	<i>Aedes</i>
3	48°20'02.1"	16°54'14.1"	<i>Culex</i>
4	48°19'16.1"	16°54'31.6"	<i>Aedes</i>
5	48°12'31.5"	16°58'56.9"	<i>Culex</i>
6	48°11'05.2"	16°58'38.8"	<i>Aedes</i>
7	48°16'22.4"	16°56'53,6"	<i>Aedes</i>

Lokalita 1: Suchohrad – záhrada rodinného domu

Liahniskom je vedro naplnené vodou s drťou trusu, sena a suchých listov na záhrade rodinného domu pri hospodárskych zvieratách (koňoch a kozách). Napájadlo pre hospodárske zvieratá (vaňa), umiestnené nad vedrom, slúži ako tienidlo voči slnečnému žiareniu.

Obr. 9: Liahnisko na lokalite 1 (foto: autor, júl 2021)



Lokalita 2: Suchohrad – slepé rameno Moravy

Slepé rameno Moravy s jedným sprietočeným koncom vytvorené pri napriamovaní koryta rieky. Larvy boli odoberané na jeho slepom konci, kde voda bežne nedosahuje.

Rozlieva sa tam pri zdvihnutí hladiny hlavného toku Moravy. Les tvoria *Salix sp.*, *Populus sp.*, ale i *Carpinus sp.* a *Fraxinus sp.* s okolitým hustým porastom *Urtica dioica*.

Obr. 10: Liahnisko na lokalite 2 (foto: Mgr. Zuzana Grujbárová, PhD., marec 2022)



Lokalita 3: Vysoká pri Morave – Rudavka za futbalovým ihriskom

Plytké okrajové časti prítoku Moravy – Rudavky za futbalovým ihriskom. Tieň nad hladinou tvoria najmä dreviny *Salix sp.* a drevinné a bylinné epifyty. V okolí rastie *Urtica dioica*, kde sa ukrývajú počas dňa imága.

Obr. 11: Liahnisko na lokalite 3 (foto: autor, júl 2021)



Lokalita 4: Vysoká pri Morave – les medzi hrádzou a rekreačným prístavom

Lokalita sa nachádza medzi hrádzou a rekreačným prístavom na hlavnom toku Moravy. Ide o mŕtve rameno Moravy, ktoré sa naplňa vodou len v čase povodní alebo výdatnejších zrážok. Pri vstupe do lesa rastie *Urtica dioica*. Prevládajúcimi drevinami sú najmä *Salix sp.*, *Populus sp.* a *Carpinus sp.*

Obr. 12: Liahnisko na lokalite 4 (foto: autor, júl 2021)



Lokalita 5: Devínska Nová Ves – záhrada rodinného domu

Liahniskom je sud na zachytávanie dažďovej vody s napadaným a rozkladajúcim sa rastlinným materiálom na záhrade rodinného domu.

Obr. 13: Liahnisko na lokalite 5 (foto: autor, august 2021)



Lokalita 6: Devínska Nová Ves – zaplavený lužný les

Lužný les s drevinami *Salix sp.* a *Populus sp.* nachádzajúci sa medzi Devínskou Novou Vsou a Devínom. Lokalita je naplnená vodou len počas inundancie.

Obr. 14: Liahnisko na lokalite 6 (foto: autor, júl 2021)



Lokalita 7: Devínske jazero

Oblasť tvorená podmáčanými lúkami porastenými vysokými trávami *Phragmites australis*.

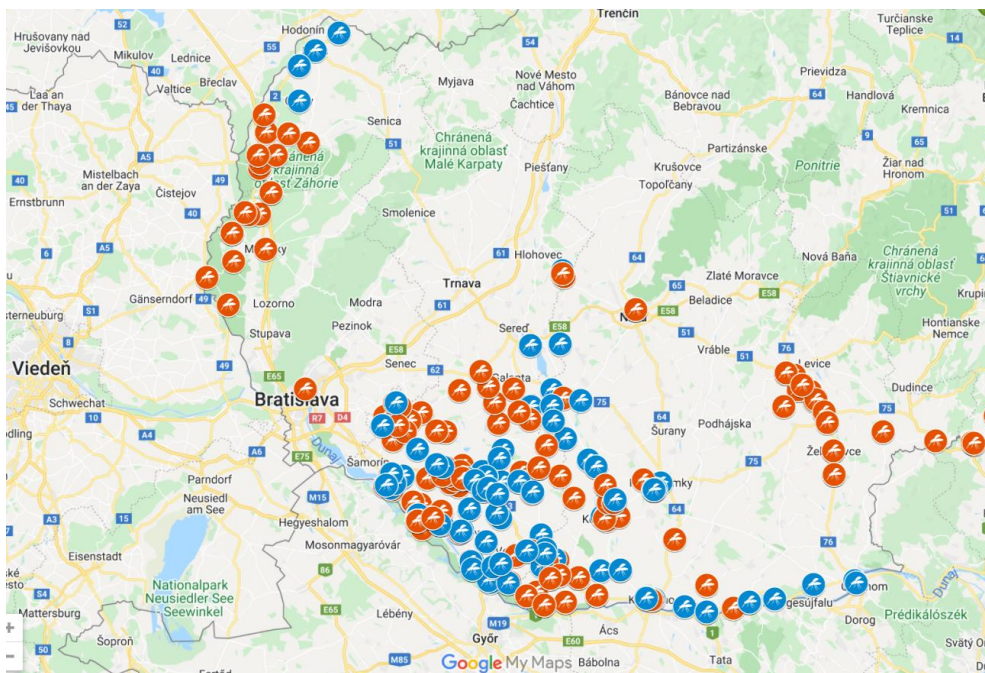
Obr. 15: Devínske jazero [8]



5.3 Údaje o používaní deltametrínu a cypermetrínu v skúmanej oblasti

Na základe údajov od RÚVZ konštatujeme, že na kontrolu komářích populácií v obciach lokalizovaných v blízkosti Moravy boli dlhoročne a opakovane používané insekticídy s účinnými látkami deltametrín a cypermetrín. Na obrázku 16 sú znázornené lokality postreku účinnými látkami, deltametrínom (modré označenie) a cypermetrínom (oranžové označenie), na západnom Slovensku v rokoch 2018 – 2021. Konkrétne 101 lokalít ošetrených cypermetrínom a 69 lokalít deltametrínom. Kvôli chýbajúcej evidencii nie sú vyznačené všetky lokality, na ktorých boli obcami v daných rokoch aplikované insekticídy na báze pyretroidov.

Obr. 16: Lokality postreku imág komárov deltametrínom a cypermetrínom na západnom Slovensku v rokoch 2018 – 2021 [9] (úprava: autor)



Informovali sme sa taktiež na miestnom úrade mestskej časti Devínska Nová Ves a na obecných úradoch obcí Vysoká pri Morave a Suchohrad. Postreky boli často realizované externými firmami a nevedie sa o tom podrobná evidencia, preto nám boli poskytnuté len čiastočné informácie.

Vo Vysokej pri Morave sa v roku 2018 vykonával postrek na chemickej báze, ale na obecnom úrade nevedeli späť dohľadať, akou účinnou látkou. V roku 2019 sa uskutočnila niekoľkonásobná chemická kontrola deltametrínom (prípravok Deltametrín Kontakt).

V roku 2020 boli aplikované prípravky Cyper extra a Rotryn 50, obsahujúce účinnú látku cypermetrín. Postrek sa uskutočnil 27.7.2020, 28.7.2020, 29.7.2020, 30.7.2020. Na kontrolu komárovitých v roku 2021 sa 18.6., 19.6. a počas letného obdobia vykonala aplikácia cypermetrínu (prípravky Tetracip Zapi a Cyperbase) (D. Koreničová, e-mailová komunikácia, 13. decembra 2021).

V Suchohrade v roku 2019 počas letného obdobia trikrát aplikovali na kontrolu komárovitých prípravky na báze deltametrínu (Z. Grujbárová, osobná komunikácia, 10. novembra 2021).

V Devínskej Novej Vsi bol v auguste 2020 proti komárom použitý prostriedok Deltasect s deltametrínom ako účinnou látkou (M. Langer, e-mailová komunikácia, 22. decembra 2021).

STRELKOVÁ, DERKA a SVETLÍK (2018) dodávajú, že starostovia na strednom toku Moravy sa snažia posledné roky realizovať kontrolu populácií komárovitých aj pomocou Bti. Aplikáciu Bti v Devínskej Novej Vsi v rokoch 2019, 2020 a 2021 potvrdil aj M. Langer (e-mailová komunikácia, 22. decembra 2021).

5.4 Charakteristika skúmaných rodov komárov

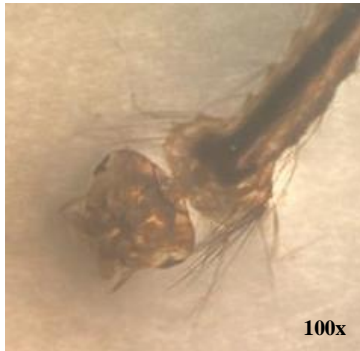
Skúmané rody komárov *Culex* a *Aedes* vyžadujú rozdielne podmienky na reprodukciu a vývin. Ovipozícia vajíčok samíc rodu *Aedes* sa uskutočňuje jednotlivo. Vajíčka sú rezistentné na sucho a sú kladené do pôdy. V čase inundancie je pôda s vajíčkami zaplavená vodou, mikrobiálna aktivita spôsobí pokles kyslíka vo vode a príde k liahnutiu lariet z vajíčok (obrázok 2 v kapitole 1.1 Vývinové štádia komárovitých). Samičky komárov rodu *Culex* kladú vajíčka priamo do vody v zhlukoch (obrázok 3 v kapitole 1.1 Vývinové štádia komárovitých) (FOSTER, WALKER, 2019, KOČIŠOVÁ, 2014).

LABUDA (1996) uvádza, že najlepšie podmienky pre vývin komárov rodu *Culex* poskytuje stojatá voda – okraje rybníkov, jazier, močiare, ale aj vedrá naplnené vodou, vázy s kvetmi a pneumatiky v okolí obydli.

Na desiatom článku bruška imág samičiek oboch rodov vyrastajú dva cercusy, ktoré majú význam pri kopulácii a následnej ovipozícii. Samice rodu *Aedes* majú v porovnaní so samicami rodu *Culex* výraznejšie, dlhšie a špicatejšie cercusy (BURKETT – CADDENA, 2013).

Larvy oboch rodov majú hlavu rozšírenú v priečnom smere v porovnaní s larvami rodu *Anopheles*, ktoré disponujú hlavou pretiahnutou v smere pozdĺžnej osi tela (BURKETT – CADDENA, 2013). Obrázok 17 zobrazuje hlavu larvy rodu *Aedes*.

Obr. 17: Priečne rozšírená hlava larvy, rod *Aedes* (foto: autor, júl 2021)



Larvy rodu *Culex* sa živia prevažne pevnými čiastočkami vo vode, ktoré získavajú filtrovaním vody vo vodnom stĺpci. Väčšina lariev rodu *Aedes* zoškrabúva mikroorganizmy a riasy z povrchu ponorených predmetov (WALLACE a kol., 2009). Uvedený spôsob prijímania potravy lariev sme jasne pozorovali v našom výskume pri chove lariev rodu *Aedes* z lokality 4. Larvy olupovali mikroorganizmy z kôry, prinesenej do inšektária z danej lokality.

Larvy rodu *Aedes* a *Culex* sa prostredníctvom sifa, dýchacej trubice na brušku, pripájajú na hladinu vody pod určitým uhlom. Larvy rodu *Culex* majú väčšinou dlhé a úzke sifá, pričom larvy rodu *Aedes* sa vyznačujú kratšími a širšími sifami. Larvy rodu *Anopheles* plávajú rovnobežne s vodnou hladinou. Dýchajú stigmálnou doštičkou so stigmami (BOGITSH, CARTER, OELTMANN 2019). Absencia sifa je jedným z dôležitých znakov, ktorý odlišuje larvy rodu *Anopheles* od skúmaných lariev *Culex* a *Aedes*.

KRAMÁŘ (1958) tento systematický znak označuje ako sifonálny index – pomer dĺžky a šírky sifa v jeho najširšom mieste. Na obrázku 18 je koniec bruška lariev s rozdielnou dĺžkou sifa.

Obr. 18: Rozdielna dĺžka sifa štvrtého instaru larvy rodu *Culex* (ľavá snímka) a štvrtého instaru larvy rodu *Aedes* (pravá snímka) (foto: autor, júl 2021)



Na oboch stranách sifa je u väčšiny druhov lariev prítomný jeden zväzoček sifonálnych chlfov. Tak je tomu aj v rode *Aedes*. Viac zväzočkov sifonálnych chlfov nájdeme u lariev rodu *Culex* [10]. KRAMÁŘ (1958) vysvetľuje, že tieto taxonomické znaky je možné použiť na určenie rodu a druhu larvy komárov až vo štvrtom instare, pretože mladšie instary nemajú plne vyvinuté zúbky pectenu a sifonálne chlčky.

5.5 Metodika preskúmania rezistencie

5.5.1 Odber a chov preimaginálnych štádií komárov

Odoberanie vzoriek sme uskutočňovali od júna do augusta roku 2021 na siedmich lokalitách. Lokality uvedené na obrázku 8 sme počas týchto mesiacov niekoľkokrát navštívili. Kontrolovali sme prítomnosť preimaginálnych štádií komárov a štádium ich vývinu. O stave liahnísk nás informovali aj dobrovoľníci z príslušných oblastí. Liahniská 1 a 5 sa nachádzajú na záhradách rodinných domov, ktorých obyvatelia nám umožnili v potrebnom čase vykonať odber lariev a kukiel komárov rodu *Culex*.

V tabuľke 3 sú uvedené dátumy, kedy sa na jednotlivých lokalitách uskutočnil odber.

Tab. 3: Dátumy odberu na jednotlivých lokalitách

Lokalita	Rod	Dátum odberu	
1	<i>Culex</i>	15.7.2021	27.8.2021
2	<i>Aedes</i>	4.7.2021	
3	<i>Culex</i>	12.7.2021	16.7.2021
4	<i>Aedes</i>	8.7.2021	10.7.2021
5	<i>Culex</i>	6.8.2021	
6	<i>Aedes</i>	16.7.2021	
7	<i>Aedes</i>	18.6.2021	

Larvy a kukly sme odoberali pomocou okrúhlej naberačky, nazývanej „mosquito dipper“ (obr. 19).

Okrem vzorky vody s jedincami sme nabrali aj detrit a organickú biomasu, ktoré vytvárali v insektáriách prirodzenejšie podmienky a potravu počas vývinu. Vo fixkou označených nádobách sme larvy a kukly previezli do laboratória školy. Do mikroskúmviek sme vložili desať lariev štvrtého instaru a zafixovali vo vysokopercntnom etanole (obr. 20).

Sledovaním bruška odobratých lariev pod mikroskopom, hlavne rozmerov sifa a počtu zväzočkov sifonálnych chlupov, sme overili rod chovaných lariev komárov. V našom výskume sme odobratý materiál klasifikovali len na úrovni rodov, čo postačovalo pre účely tejto práce. SAARI, NÄREAHO, NIKANDER (2019) uvádzajú, že štvrtý instar lariev má najväčší význam pre systematiku lariev, kedy sú všetky znaky larvy plne vyvinuté. Preto sme aj my determinovali rod na larvách tohto instaru.

Obr. 19: Odoberanie lariev na lokalite 3 (foto: autor, júl 2021)



Obr. 20: Fixovanie lariev v etanole (foto: autor, júl 2021)



Ostatné larvy, prípadne kukly so vzorkou vody, detritu a inej organickej biomasy sme umiestnili do pripravených insektárií. Plexisklové insektárium malo tvar kocky s hranou 30 cm. Na jednej strane bol kruhový otvor s obrubou vystúpenou do priestoru, aby bolo možné na ňu pripevniť tkaninu. Otvor slúžil na manipuláciu vo vnútornom priestore insektária. Na tkaninu sme pripevňovali štipec, aby sme zabránili úniku už vyliahnutých imág komárov. V spodnej časti jednej strany bol nainštalovaný ventil potrebný na úplné vypustenie insektária (obr. 21a).

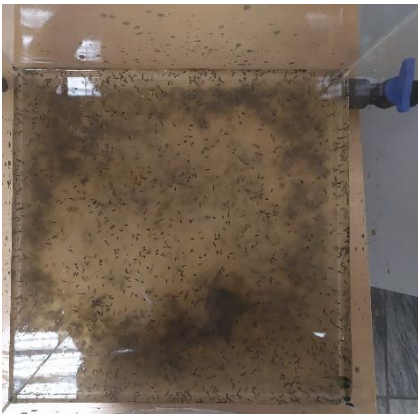
Dĺžka štádia kukly trvala priemerne 2 dni, čo uvádzajú aj BECKER a kol. (2010) a RUEDA, DEBBOUN (2020). Podľa BECKERA a kol. (2010) dĺžka štádia kukly závisí na teplote vody, pričom pri vyššej teplote prichádza k rýchlejšiemu vývinu. Na obrázku 21b sú kukly komárov rodu *Aedes* prinesené z lokality 2, vpravo na obrázku 22 už vyliahnuté dospelce.

Obr. 21: Insektárium s kuklami z lokality 2 (foto: autor, júl 2021)

21a. pohľad spredu



21b. pohľad zhora



Obr. 22: Insektárium s imágami z lokality 2 (foto: autor, júl 2021)



V insektáriách sa najskôr liahli samce. Samice sa začali objavovať asi po 24 hodinách od vyliahnutia samcov. Pomer vyliahnutých samcov a samičiek 1:1 sa začal ustáľovať asi po 48 hodinách. BECKER a kol. (2010) vysvetľuje, že samce sa v populácii liahnu obvykle 1 – 2 dni pred samicami, pretože existuje rozdiel medzi samicou a samcom v sexuálnej zrelosti v čase vyliahnutia. Samce nie sú hneď po vyliahnutí sexuálne zrelé. Aby nadobudli sexuálnu zrelosť, musí sa ich hypopygium otočiť o 180 stupňov. Trvá to asi 1 deň. Samice sú sexuálne zrelé už v čase vyliahnutia. Štádium kukly oboch pohlaví je ale rovnako dlhé, u samcov dochádza k urýchleniu vývinu v larválnom štádiu.

Do insektária bola spolu s larvami komárov rodu *Aedes* z lokality 4 prinesená aj dravá larva potápnika obrúbeného (*Dytiscus marginalis*) (obr. 23). Pri umiestňovaní lariev do insektária sme si to nevšimli a po asi 24 hodinách sa výrazne znížil počet lariev v insektáriu. Pre následný nedostatok dospelcov potrebných na uskutočnenie biotestu sme odber lariev museli opakovať.

Naša skúsenosť je v súlade s výskumom LUNDKVISTA a kol. (2003), ktorý ukázal, že zástupcovia čeľade *Dytiscidae* sú schopné znížiť počet lariev komárov v malých vodných útvaroch. Podľa KÖGELA (1984) larvy *Dytiscus marginalis* a *Dytiscus circumflexus* spotrebujú aj viac ako 100 lariev 4. instaru *Aedes vexans* za deň.

Obr. 23: Dravá larva potápnika obrúbeného (*Dytiscus marginalis*) odobratá z lokality 4 s larvami komárov rodu *Aedes* (foto: autor, júl 2021)



5.5.2 Vlastná metodika preskúmania rezistencie

Pri zisťovaní rezistencie na pyretróidy, deltametrín a cypermetrín, v populáciách vektorov vybraných oblastí sme použili metodiku, označovanú ako „bioanalýza CDC vo fľaši“ podľa Centra pre kontrolu a prevenciu chorôb (Centers for Disease Control and Prevention, skratka CDC), ktoré pracuje pod Ministerstvom zdravotníctva a sociálnej starostlivosti USA (U.S. Department of Health and Human Services). Nami použitá metodika je modifikáciou štandardnej, tzv. tube – test metódy, ktorá bola stanovená Svetovou zdravotníckou organizáciou. Autormi modifikovanej metodiky sú BROGDON a CHAN (2010). Metodika je prístupná na odkaze https://www.cdc.gov/malaria/resources/pdf/fsp/ir_manual/ir_cdc_bioassay_en.pdf.

Bioanalýza CDC vo fľaši je nástroj prostredníctvom ktorého je možné zistiť, či daná aktívna zložka insekticídu dokáže v danom čase a na konkrétnom mieste kontrolovať vektor. Touto metódou je možné získať prvotnú informáciu o postupnej strate účinnosti, prípadne rezistencii voči insekticídu, ktorú je potrebné potvrdiť a dokázať ďalšími metódami (BROGDON, CHAN, 2010).

Pre určenie diagnostickej dávky a diagnostického času sme pre rod *Aedes* vychádzali z dát uvedených vo vyššie zmienenej metodike a pre rod *Culex* zo štúdie RICHARDSONOVEJ a kol. (2018) (tab. 4). Diagnostická dávka insekticídu by mala do diagnostického času zabiť 100 % testovanej populácie jedincov. Komáre živé

v diagnostickom čase, predstavujú komáre rezistentné voči testovanej koncentrácii insekticídu.

Tab. 4: Diagnostické dávky a diagnostické časy

Insekticíd	Koncentrácia insekticídu podľa druhu [µg/1ml]		Diagnostický čas [min]
	<i>Aedes</i>	<i>Culex</i>	
Deltametrín	10	10	30
Cypermetrín	10	10	30

Na prípravu zásobných roztokov insekticídov bol zakúpený deltametrín p.a. a cypermetrín p.a. Riedením s etanolom sme do odmerných baniek pripravili roztoky požadovanej koncentrácie (tab. 4). Pripravené zásobné roztoky sme skladovali v chladničke.

Test sme realizovali v sklených fľašiach (250 ml) so skrutkovacími uzávermi. Na každý biotest (zistenie rezistencie 1 rodu, z 1 lokality, na 1 insekticíd) bolo potrebných päť fliaš, pričom jedna z nich na uskutočnenie kontroly. Fľaše sme označovali lepiacimi papierikmi (obr. 24).

Obr. 24: Pomôcky na biotest (foto: autor, jún 2021)



Do suchej kontrolnej fľaše sme napipetovali 1 ml etanolu a uzavreli skrutkovacím uzáverom. Prvú fľašu sme prostredníctvom pipety v digestóriu naplnili 1 ml zásobného roztoku insekticídu a zatvorili. Rovnako sme postupovali s ďalšími tromi testovacími fľašami. Asi hodinu pred použitím sme nechali zásobné roztoky otepliť na izbovú teplotu a tesne pred pipetovaním sme zásobný roztok premiešali prevrátením odmernej banky. Každou fľašou sme pokrútili, obrátili ju dolu uzáverom a rolovali po stole digestória s cieľom vytvorenia súvislého filmu insekticídu na vnútornej ploche fľaše, vrátane vnútornej

plochy uzáveru. Z fliaš sme odstránili uzáver a nechali ich ležať vo vodorovnej polohe na tmavom mieste.

Pomocou exhaustora zobrazeného na obrázku 24 sme z inektária do fľaše opatrne vložili po 25 samíc komárov rovnakého rodu vo veku 12 – 24 hodín po vyliahnutí. Komáre sme nasávali jemne, aby neboli usmrtené nárazom o steny trubičky exhaustora alebo fľaše. Samice a samce komárov rodov *Aedes* a *Culex* sme rozlišovali na základe niekoľkých znakov, ktoré uvádzajú BECKER a kol. (2010). Tykadlá samcov sú pokryté dlhšími chlčkami (bičkami) v porovnaní so samičimi tykadlami. Ciciak (*proboscis*) sa u samcov perovito vetví, u samíc rozvetvený nie je (obr. 25).

Obr. 25: Samica komára rodu *Aedes* (ľavá snímka) a samec komára rodu *Aedes* (pravá snímka) (foto: autor, júl 2021)



Počet živých jedincov sme zaznamenávali v čase 0, 15 minút, 30 minút a kontrolovali aj po 45 minútach. Za mŕtve komáre sme považovali vždy komáre, ktoré neboli schopné stáť na nohách. Identifikovali sme to otáčaním fľaše, pri ktorom sa mŕtve komáre kĺzali po vnútri fľaše. Komáre, ktoré boli po 30 minútach živé, sme zaznamenali ako komáre rezistentné voči expozícii príslušného pyreteroidu.

Pre interpretáciu údajov sme využili odporúčania WHO uvedené v nami použitej metodike (tab. 5).

Tab. 5: Odporúčania WHO pre interpretáciu údajov

úmrtnosť v diagnostickom čase	prítomnosť rezistencie
100 % - 98 %	nie je prítomná
97 % - 80 %	možnosť výskytu*
< 80%	prítomná

*potrebné potvrdiť ďalšími metódami

6 Výsledky

6.1 Rezistencia komárov rodu *Culex*

Preimaginálne štádia komárov rodu *Culex* sme získali z troch lokalít – intravilánu obce Suchohrad, okrajových častí Rudavky vo Vysokej pri Morave a intravilánu Devínskej Novej Vsi.

Úmrtnosť samíc po ošetrení deltametrínom sa pohybovala od 67 do 90 %. Najnižšiu mieru úmrtnosti na deltametrín sme zistili v intraviláne obce Vysoká pri Morave (lokalita 3), nasledovala záhrada rodinného domu v Devínskej Novej Vsi (lokalita 5) a najvyššiu úmrtnosť samíc rodu *Culex* v reakcii na vystavenie deltametrínu sme zaznamenali v intraviláne obce Suchohrad na materiáli odobratom zo záhrady rodinného domu (lokalita 1).

Skúmaním rezistencie na cypermetrín sme získali veľmi podobné výsledky. Najnižšia úmrtnosť na cypermetrín bola indikovaná vo Vysokej pri Morave (lokalita 3) a v Devínskej Novej Vsi (lokalita 5). Konkrétne na oboch lokalitách išlo o 75 % – nú úmrtnosť. V Suchohrade (lokalita 1) bola nameraná 82 % – ná úmrtnosť imág samíc po 30 minútach vystavenia cypermetrínu.

Na základe odporúčaní WHO pre interpretáciu zhromaždených údajov, lokality 3 a 5 možno považovať za oblasti s populáciou komárov rodu *Culex* rezistentných na deltametrín a cypermetrín. Na lokalite 1 bola stanovená možnosť výskytu rezistencie v populácii voči deltametrínu a cypermetrínu (tab. 6).

Tab. 6: Úmrtnosť samíc komárov rodu *Culex* po CDC teste rezistencie na deltametrín a cypermetrín

účinná látka	úmrtnosť po 30 minútach (%)	
	cypermetrín	deltametrín
lokalita 1	82	90
lokalita 3	75	67
lokalita 5	75	73

6.2 Rezistencia komárov rodu *Aedes*

Larvy a kukly rodu *Aedes* boli odobraté zo štyroch lokalít – zo slepého ramena Moravy v Suchohrade, mŕtveho ramena Moravy vo Vysokej pri Morave, zaplaveného lužného lesa pri Devínskej Novej Vsi a z okolia Devínskeho jazera. V rámci lokalít 2 a 4 sme uskutočnili testovanie komárov daného rodu na obe účinné látky – deltametrín aj cypermetrín. Komáre rodu *Aedes* z Devínskeho jazera (lokalita 7) boli vystavené len účinku deltametrínu. Komáre zo zaplaveného lužného lesa z Devínskej Novej Vsi (lokalita 6) len účinku cypermetrínu. Z týchto dvoch oblastí sa nám nepodarilo odobrať ďalší materiál na chov a následné uskutočnenie CDC testu rezistencie aj na druhú účinnú látku. Dôvodom bolo nedostatočné množstvo zrážok a následná hydrologická situácia riek Morava a Dunaj.

Úmrtnosť samíc rodu *Aedes* vystavených deltametrínu kolísala od 77 do 95 % v rámci sledovaných lokalít. Najnižšia úmrtnosť bola preukázaná u samíc z mŕtveho ramena Moravy vo Vysokej pri Morave (lokalita 4). Následne 88 % – ná úmrtnosť bola zistená u samíc zo slepého ramena Moravy v Suchohrade (lokalita 2). Na Devínskom jazere (lokalita 7) sme určili najvyššiu úmrtnosť, teda najväčšiu citlivosť na deltametrín.

Expozícia cypermetrínu viedla u samíc *Aedes* k 75 % – nej až 94 % – nej úmrtnosti. Najnižšia úmrtnosť bola znova preukázaná u samíc z lokality 4. Vyššia miera úmrtnosti (92 %) bola zistená v lužnom lese blízko Devínskej Novej Vsi (lokalita 6). Najvyššia úmrtnosť bola zaevidovaná u samíc z lokality 2.

Lokalita 4 je oblasťou s populáciou komárov rodu *Aedes* rezistentných na obe testované účinné látky. Zistená úmrtnosť samíc z lokalít 2, 6 a 7 v danom diagnostickom čase ukazuje na podozrenie prítomnosti rezistencie v populácii voči deltametrínu a cypermetrínu na príslušných lokalitách (tab. 7).

Tab. 7: Úmrtnosť samíc komárov rodu *Aedes* po CDC teste rezistencie na deltametrín a cypermetrín

účinná látka	úmrtnosť po 30 minútach (%)	
	cypermetrín	deltametrín
lokalita 2	94	88
lokalita 4	75	77
lokalita 6	92	-
lokalita 7	-	95

Podrobnejšie údaje o úmrtnosti samíc komárov oboch rodov v jednotlivých realizovaných testoch a kontrole sú zosumarizované v tabuľke v prílohe.

6.3 Rezistencia komárov rodu *Culex* a *Aedes* vo vzťahu k chemickej kontrole na odberových lokalitách

Keďže sme zistili, že vo Vysokej pri Morave sa za posledné dva roky (2020 a 2021) uskutočňovala chemická kontrola komárov prostredníctvom prípravkov na báze cypermetrínu, zaujímalo nás, ako sa expozícia tejto účinnej látky premietne v úmrtnosti imág samíc odchovaných z lariiev z tejto oblasti. Zistili sme, že 25 % imág oboch rodov, aj samíc rodu *Culex* aj samíc rodu *Aedes*, neuhynulo ani po diagnostickom čase 30 minút. Podľa odporúčanej interpretácie získaných dát o úmrtnosti, môžeme usúdiť o prítomnosti populácií komárov oboch rodov rezistentných na cypermetrín. V roku 2019 sa v tejto lokalite uskutočnila aj niekoľkonásobná kontrola populácií komárovitých insekticídmi na báze deltametrínu, čo sa prejavilo v úmrtnosti komárov po našom ošetrení deltametrínom. Miera úmrtnosti samíc komárov rodu *Culex* bola 67 % a rodu *Aedes* 77 %, takže ide o lokalitu s populáciami komárov oboch rodov rezistentných aj na túto účinnú látku. Komáre rodu *Culex* vykazovali vyššiu rezistenciu na deltametrín (67 %) ako na cypermetrín (75 %). Rod *Culex* je svojím larválnym habitatom bežne viazaný na liahniská vytvorené človekom pri obydliach. D. Koreničová uviedla, že samotní obyvatelia žijúci v tejto oblasti počas letných mesiacov aplikujú bežne dostupné prípravky na báze deltametrínu i cypermetrínu v záhradách rodinných domov (osobná komunikácia, 7. decembra 2021).

Na základe zistených údajov neboli chemické prípravky obsahujúce deltametrín a cypermetrín aplikované v Suchohrade v porovnaní s Vysokou pri Morave každoročne. Na odmerných miestach obce Suchohrad nebola na rozdiel od Vysokej pri Morave dokázaná prítomnosť populácií komárov rezistentných na sledované pyretroidy, ale len možnosť výskytu rezistencie v populáciách. Prípravky obsahujúce cypermetrín neboli obcou Suchohrad v rokoch 2018 – 2021 aplikované, čo sa prejavilo vo vysokej miere úmrtnosti (94 %) komárov rodu *Aedes* pri expozícii cypermetrínu. Komáre rodu *Culex* vykazovali nižšiu citlivosť na cypermetrín s úmrtnosťou 82 %. Prípravky s obsahom cypermetrínu sú voľne dostupné na trhu a občania ich môžu použiť na elimináciu komárov v blízkosti svojich obydli. Podľa poskytnutých údajov bola v oboch lokalitách, v Suchohrade aj vo Vysokej pri Morave, vykonaná posledná chemická kontrola deltametrínom v roku 2019. Vo Vysokej pri Morave sa v nadchádzajúcich rokoch 2020 a 2021 vykonávali postreky cypermetrínom.

V obci Suchohrad sa kontrola v týchto rokoch realizovala už len pomocou Bti (Z. Grujárová, osobná komunikácia, 10. novembra 2021), čo sa prejavilo vo vyššej citlivosti na deltametrín u komárov rodu *Culex* (90 %) a *Aedes* (88 %) odobraných zo Suchohradu ako z obce Vysoká pri Morave.

Komáre rodu *Aedes* odobraté z okolia Devínskeho jazera vykazovali najvyššiu citlivosť na deltametrín (95 %) spomedzi samíc komárov daného rodu testovaných na deltametrín odobratých z iných lokalít. Táto lokalita sa nachádza v 5. stupni územnej ochrany [11]. Podľa tvrdenia M. Langer sa chemický postrek deltametrínom ani cypermetrínom v extraviláne Devínskej Novej Vsi v rokoch 2018 – 2021 neuskutočňoval (M. Langer, osobná komunikácia, 7. decembra 2021). Potvrdzujú to aj naše výsledky pomerne vysokej citlivosti komárov (92 %) rodu *Aedes* na cypermetrín zozbieraných z lužného lesa v extraviláne Devínskej Novej Vsi. Porovnateľnú mieru úmrtnosti imág samíc rodu *Aedes* sme dostali aj pri samiciach totožného rodu zo Suchohradu, kde sa taktiež v rokoch 2018 – 2021 cypermetrínový postrek neuskutočňoval. Tieto percentá úmrtnosti sa stále považujú za úroveň možného výskytu rezistentných populácií a BROGDON a CHAN (2010) navrhujú ďalšie analýzy.

Výsledky získané z testu rezistencie komárov rodu *Culex* na cypermetrín a deltametrín sú porovnateľné s výsledkami testov pre *Culex* z Vysokej pri Morave, a to aj napriek tomu, že v intraviláne Devínskej Novej Vsi bolo realizované chemické ošetrenie pojazdným vozidlom aplikujúcim deltametrín len v roku 2020. Pre komáre rodu *Culex* z intravilánovej odbernej lokality bola nameraná úmrtnosť po expozícii deltametrínu 73 % a cypermetrínu 75 %, čím bola preukázaná prítomnosť rezistencie na dané pyretroidy. M. Langer uviedol, že obec sa snaží v posledných rokoch realizovať kontrolu komárov využitím Bti, ale situácie s komármi v danej oblasti bývajú v letných mesiacoch kalamitné z dôvodu blízkeho Devínskeho jazera a toku Moravy. Obyvatelia na to reagujú aplikáciou chemických prostriedkov v okolí svojich obydlí (osobná komunikácia, 7. decembra 2021).

7 Diskusia

Informácie o rezistencii komárov voči insekticídom v Slovenskej republike aktuálne nemáme, a to z dôvodu, že sa jej v našej krajine nikto nevenuje. Naše výsledky preto nevieme porovnať s výsledkami iných slovenských štúdií týkajúcich sa rezistencie. Najbližšie krajiny v Európe, kde bola hlásená rezistencia *Culicidae* na pyretroidy, sú Grécko, Taliansko a Španielsko (PAAIJMANS a kol., 2019, TANCREDI a kol., 2020).

V našej práci sme ako jediný diagnostický nástroj overenia rezistencie použili bioanalýzu CDC. Na rozdiel od toho KIOULOS a kol. (2013), FOTAKIS a kol. (2017), PICHLER a kol. (2019) okrem bioanalýzy CDC riešili problematiku rezistencie na pyretroidy v európskych krajinách aj molekulárnymi testami detekcie, kde zisťovali prevalenciu známych mutácií rezistencie na cieľovom mieste sodíkového kanála.

Nami uskutočnené testy CDC preukázali rezistenciu komárov rodu *Aedes* len na jednej lokalite (lokalita 4), pričom na ostatných odberových lokalitách (lokalita 2, 6 a 7) bolo zistené podozrenie na existenciu rezistencie v populácii. JAHAN a MUMTAZ (2010) využili rovnakú metódu a stanovili rezistenciu druhu *Aedes aegypti* voči deltametrínu v 2 lokalitách v Pakistane. Pre populáciu citlivú na deltametrín (laboratórne chovanú) určili diagnostickú dávku 1,25 µg/ml pri rovnakom diagnostickom čase ako v našej práci. Nami použitá metodika určovala diagnostickú dávku deltametrínu až 10 µg/ml. Aj pri tejto osemnásobne silnejšej dávke bola zaznamenaná len 77 % – ná úmrtnosť samíc komárov rodu *Aedes* z lokality 4. To potvrdzuje našu interpretáciu, že vo Vysokej pri Morave sa vyskytuje populácia komárov rodu *Aedes* rezistentná na deltametrín.

S našou štúdiou zhodné diagnostické dávky a diagnostické časy pre jednotlivé pyretroidy v CDC bioteste aplikovali FOTAKIS a kol. (2017), ktorí zistili v dvoch poľnohospodárskych regiónoch severného Grécka (okolie Solúna a Evros) podozrenie prítomnosti rezistencie na deltametrín v populácii *Aedes caspius*. BALASKA a kol. (2020) odobrali komáre *Aedes albopictus* z 11 regiónov Grécka a bioanalýza CDC preukázala citlivosť na deltametrín. Autori naznačujú ich súčasnú vhodnosť na zaradenie do programov kontroly vektorov v Grécku, ale prítomnosť vysokej frekvencie mutácií v cieľovom mieste sodíkového kanála vyvoláva obavy, pretože tieto mutácie zohrávajú úlohu vo formovaní rezistencie. Hoci výsledky CDC testu PAAIJMANS a kol. (2019) ukázali, že populácie *Aedes albopictus* z Barcelony (Katalánsko) sú pri expozícii diagnostickej dávky 10 µg/ml deltametrínu v diagnostickom čase 30 minút citlivé, zistenia BENGGOA a kol. (2017) indikujú možnú rezistenciu na cypermetrín v populáciách *Aedes albopictus* v Barcelone.

Podobne ako na našich lokalitách 2, 6 a 7 aj v regiónoch Piemont, Calabria a Emilia-Romagna v Taliansku PICHLER a kol. (2019) zaznamenali podozrenie na prítomnosť rezistencie v populácii *Aedes albopictus*. V regióne Lazio (okolie Ríma) bola preukázaná rezistencia na cypermetrín v populácii, naopak v Benátsku boli populácie *Aedes albopictus* citlivé na expozíciu cypermetrínu.

Nami získané dáta naznačujú, že komáre rodu *Aedes* vykazovali vyššiu citlivosť na deltametrín (77 – 95 %) i cypermetrín (75 – 94 %) ako komáre rodu *Culex* (67 – 90 % a 75 – 82 %). K podobným záverom dospeli aj FOTAKIS a kol. (2017), ktorí zaznamenali pri *Aedes caspius* 97 % – nú (Solún) a 91 % – nú (Evros) úmrtnosť komárov v reakcii na vystavenie deltametrínu, ale pri *Culex pipiens* z daných oblastí úmrtnosť výrazne poklesla (58 % Solún, 33 % Evros). V súlade s našimi výsledkami je aj štúdia PAAIJMANSJA a kol. (2019) potvrdzujúca možnosť výskytu rezistencie v populácii *Culex pipiens* voči deltametrínu v okolí Barcelony (96 %) napriek citlivosti rodu *Aedes* voči deltametrínu v tejto oblasti.

Na nami sledovanej lokalite 5 (intravilán Devínskej Novej Vsi) bola preukázaná prítomnosť rezistencie populácií komárov rodu *Culex* na deltametrín (73 %) a cypermetrín (75 %). Výsledky úmrtnosti samíc rodu *Culex* v diagnostickom čase sú porovnateľné s lokalitou 3 (67 % a 75 %). Na lokalite 3 sa ale uskutočnila chemická kontrola danými účinnými látkami niekoľkokrát každý rok, pričom na lokalite 5 jednorazovo aplikovali deltametrín v roku 2020. GRAY a kol. (2018) zistili rovnako nesúlad medzi frekvenciou výskytu rezistencie komárov na pyretroidy a výskytom aplikácií insekticídov na báze pyretroidov. Autori na základe výsledkov experimentu tvrdia, že tento nesúlad je spôsobený používaním komerčných insekticídnych produktov s príslušnými pyretroidnými účinnými látkami v domácnostiach. Aj výskum KIOULOSA a kol. (2013) potvrdil, že selekčný tlak aplikácie pyretroidov v domácnosti zvýšil frekvenciu mutácií zabezpečujúcich pyretroidnú rezistenciu *Culex pipiens*, hlavného vektora západonílskeho vírusu. Na základe nami získaných údajov i na základe štúdií konštatujeme, že aplikácia bežne dostupných prípravkov na báze pyretroidov občanmi môže prispieť k budovaniu rezistencie na dané účinné látky.

Na základe získaných údajov sme boli informovaní, že v okolí Devínskeho jazera a v extraviláne Devínskej Novej Vsi a Suchohradu sa počas rokov 2018 – 2021 neuskutočňoval chemický postrek na kontrolu komárov. Bioanalýza CDC ukazuje pomerne vysokú citlivosť komárov odobratých z týchto oblastí pri expozícii deltametrínu a cypermetrínu. Najvyššia citlivosť na deltametrín (95 %) bola nameraná u komárov rodu

Aedes z okolia Devínskeho jazera. Toto zistenie dáva zmysel vzhľadom na zaradenie oblasti do 5. stupňa územnej ochrany, kde by nemalo bežne prichádzať k chemickej kontrole. Na rozdiel od týchto troch oblastí, vo Vysokej pri Morave sa počas sledovaného štvorročného obdobia každoročne realizovala chemická kontrola deltametrínom aj cypermetrínom a naše výsledky dokazujú nízku citlivosť oboch rodov komárov na dané účinné látky. Nami získané údaje tak jednoznačne poukazujú na narastanie rezistencie *Culicidae* pri opakovanom aplikovaní chemických prípravkov na báze pyretroidov. Výsledky nášho výskumu súhlasia so štúdiou SHI a kol. (2015), ktorí skúmali rezistenciu *Culex pipiens pallens* na deltametrín sledovaním aktivity detoxikačných enzýmov. Tridsať generácií bolo vystavených rôznemu selekčnému tlaku deltametrínu. Zistili, že rezistencia voči deltametrínu exponenciálne rástla z generácie na generáciu s expozíciou pyretroidu, zatiaľ čo bola znížená vynechaním pôsobenia účinnej látky u niektorých generácií. Vzťah medzi používaním pyretroidných postrekov a vznikom rezistencie u komárov *Culex pipiens* potvrdili svojou prácou aj GUNTAY a kol. (2018). V troch lokalitách v severnom Turecku preukázali vysokú úroveň rezistencie voči deltametrínu, cypermetrínu, permetrínu a cyflutrínu. YADOLETON a kol. (2011) vyjadrujú presvedčenie, že budovanie rezistencie *Anopheles gambiae* v Afrike v reakcii na masívne používanie pyretroidných insekticídov pri pestovaní bavlny ohrozuje efektívnosť použitia protimalarických sietí impregnovaných pyretroidmi. K podobným záverom dospel aj MEENA (2017), kde selekčný tlak v podobe pravidelného používania cypermetrínových syntetických prípravkov v Jaipure (India) vyvolalo vznik rezistencie *Aedes aegypti*.

Záver

Výskumom realizovaným v rámci diplomovej práce sme zhodnotili stav citlivosti komárov rodu *Culex* a *Aedes* na deltametrín a cypermetrín na 7 lokalitách v rámci troch oblastí (Suchohrad, Vysoká pri Morave a Devínska Nová Ves) nachádzajúcich sa v povodí rieky Morava s ohľadom na používanie týchto pyreteroidov na kontrolu komárov v daných oblastiach.

Larvy a kukly komárov príslušných rodov boli zozbierané z odberových lokalít v období od júna do augusta 2021 a ich vývin sa uskutočnil v insektáriách v laboratóriu na Pedagogickej fakulte Trnavskej univerzity v Trnave. Po vyliahnutí imág sme vykonali test rezistencie, konkrétne bioanalýzu CDC vo fľaši. Využili sme modifikovanú metodiku WHO, ktorej autormi sú BROGDON a CHAN (2010). Sledovali sme percentá úmrtnosti samíc komárov po uplynutí diagnostického času 30 minút po kontakte s deltametrínom (10 µg/ml) a cypermetrínom (10 µg/ml).

Žiadny zo 60 vykonaných CDC testov počas našej štúdie nepotvrdil citlivosť, 98 – 100 % – nú úmrtnosť v diagnostickom čase, samíc komárov na cypermetrín alebo deltametrín. Všetky testy sprevádzali negatívne kontrolné testy. Pri nich boli komáre vystavené rozpúšťadlu – etanolu, ktorým bol impregnovaný vnútorný povrch fľaše.

Podľa odporúčanej interpretácie výsledkov WHO, prítomnosť rezistentnej populácie komárov bola zaznamenaná na lokalitách 3, 4 a 5. Lokality 3 a 4 sa nachádzajú v obci Vysoká pri Morave, kde bola testami spozorovaná rezistencia komárov rodu *Culex* aj rodu *Aedes* na expozíciu oboch účinných látok. Na lokalite 5 nachádzajúcej sa v intraviláne Devínskej Novej Vsi bola zistená rezistencia komárov rodu *Culex* na oba pyreteroidy. Toto zistenie dáva zmysel vzhľadom na to, že larvy komárov rodu *Culex* sú svojím vývinom prispôsobené na liahniská v okolí obydľí vytvorené neúmyselne človekom v podobe nádob s vodou a vzhľadom na realizáciu chemických postrekov na jednotlivých lokalitách v intravilánoch obcí. Na základe informácií o aplikáciách prípravkov na báze deltametrínu a cypermetrínu v okolí obydľí môžeme skonštatovať vplyv domáceho používania pyreteroidov na rozvoj rezistentných populácií komárovitých. Podozrenie na výskyt rezistentných jedincov v populácii sme zaevidovali na lokalitách 1, 2, 6 a 7. BROGDON a CHAN (2010), autori nami použitej metodiky, navrhujú pri takýchto zisteniach uskutočniť na príslušných lokalitách ďalšie analýzy.

Údaje o chemickej kontrole realizovanej v rokoch 2018 – 2021 nám boli poskytnuté od Regionálnych úradov verejného zdravotníctva a jednotlivých obcí.

Porovnávaním zistenej úrovne rezistencie v jednotlivých lokalitách vzhľadom na aplikáciu pyreteroidov na danej lokalite sme potvrdili, že selekčný tlak v podobe pravidelného používania pyreteroidov vedie k rozvoju rezistencie *Culicidae* voči danej skupine insekticídov.

Spoliehanie sa len na chemickú kontrolu populácií komárovitých je vzhľadom na nárast rezistencie voči pyreteroidom, ako navyše používaným insekticídov, ohrozené. Je nevyhnutné vyhnúť sa pravidelnému a dlhodobému vystaveniu populácií komárov pyreteroidom. Manažment komárov je v prvom rade potrebné uskutočňovať začlenením preventívnych a biologických metód, vrátane použitia prípravkov s obsahom Bti.

Bioanalýza CDC slúži ako prvotný nástroj na základe ktorého možno zistiť stav citlivosti voči používaným insekticídov v krajine. Pre viac informácií a potvrdenie výsledkov by bolo vhodné túto metódu doplniť ďalšími molekulárnymi a biochemickými testami.

Zoznam použitej literatúry

- ALEWU, B. – NOSIRI, C. 2011. Pesticides and Human Health. In book: Pesticides in the Modern World: Effects of Pesticides Exposure. InTech, 2011. s. 231 – 251. ISBN 978-953-307-454-2
- ALPHEY, L. 2014. Genetic Control of Mosquitoes. In *Annual Review of Entomology*. 2014. vol. 59, s. 205 – 224
- BALABANIDOU, V. – GRIGORAKI, L. – VONTAS, J. 2018. Insect cuticle: a critical determinant of insecticide resistance. In *Current Opinion in Insect Science*. 2018. vol. 27, s. 68 – 74
- BALASKA, S. – FOTAKIS, E. A. – KIOULOS, I. – GRIGORAKI, L. – MPELLOU, S. – CHASKOPOULOU, A. – VONTAS, J. 2020. Bioassay and molecular monitoring of insecticide resistance status in *Aedes albopictus* populations from Greece, to support evidence-based vector control. In *Parasites & Vectors*. 2020. vol. 13, Iss. 1, 13 s.
- BÁRDOŠ, V. – DANIELOVÁ, V. 1959. The Tahyna Virus – a Virus isolated from Mosquitoes in Czechoslovakia. In *Journal of Hygiene, Epidemiology, Microbiology and Immunology*. 1959. vol. 3, no. 3, s. 264 – 276
- BECKER, N. – PETRIĆ, D. – ZGOMBA, M. – BOASE, C. – MADON, M. – DAHL, CH. – KAISER, A. 2010. Mosquitoes and Their Control. 2. vyd.: Springer Science & Business Media, 2010. 608 s. ISBN 978-3-540-92873-7
- BENELLI, G. – JEFFRIES, C. L. – WALKER, T. 2016. Biological Control of Mosquito Vectors: Past, Present and Future. In *Insects*. 2016. vol. 7, no. 4, 18 s.
- BENGOA, M. – ERITJA, R. – DELACOUR, S. – MIRANDA, M. Á. – SUREDA, A. – LUCIENTES, J. 2017. First Data on Resistance to Pyrethroids in Wild Populations of *Aedes albopictus* from Spain. In *Journal of the American Mosquito Control Association*. 2017. vol. 33, Iss. 3, s. 246 – 249
- BERACKO, P. – BULÁNKOVÁ, E. – ČEJKA, T. – ČIAMPOR, F. – ČIAMPOROVÁ ZAŤOVIČOVÁ, Z. – DERKA, T. – KOKAVEC, I. – KRNO, I. – REDUCIENDO KLEMENTOVÁ, B. – ROGÁNSKA, A. – RÚFUSOVÁ, A. – SVITOK, M. – ŠPORKA, F. 2017. Bentické bezstavovce a ich biotopy. Učebnica. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave, 2017. s. 97 – 102. ISBN 978-80-223-4461-6
- BLUM, S. – BASEDOW, T. – BECKER, N. 1997. Culicidae (Diptera) in the diet of predatory stages of anurans (Amphibia) in humid biotopes of the Rhine Valley in

- Germany. In *Journal of Vector Ecology: Journal of the Society for Vector Ecology*. 1997. vol. 22, Iss. 1, s. 23 – 29
- BOCKOVÁ, E. – KOČIŠOVÁ, A. – LETKOVÁ, V. 2013. First record of *Aedes albopictus* in Slovakia. In *Acta parasitologica*. 2013. vol. 58, Iss. 4, s. 603 – 606
- BOGITSH, B. J. – CARTER, C. E. – OELTMANN, T. N. 2019. HUMAN PARASITOLOGY. Chapter 18 – Arthropods as Vectors. 5. vyd. USA: Academic Press, 2019. s. 349 – 379. ISBN 978-0-12-813712-3
- BORDALO, M. D. – MACHADO, A. L. – CAMPOS, D. – COELHO, S. D. – RODRIGUES, A. C. M. – LOPES, I. – PESTANA, J. L. T. 2021. Responses of benthic macroinvertebrate communities to a *Bti*-based insecticide in artificial microcosm streams. In *Environmental Pollution*. 2021. vol. 282, 9 s.
- BROCK, R. E. – KAM, A. K. H. 1997. Biological and Water Quality Characteristics of Anchialine Resources in KalokoHonokohau National Historic Park. Honolulu: Cooperative National Park Resources Studies Unit, University of Hawaii at Manoa, Department of Botany
- BRÜHL, C. A. – DEPRÉS, L. – FRÖR, O. – PATIL, C. D. – POULIN, B. – TETREAU, G. – ALLGEIER, S. 2020. Environmental and socioeconomic effects of mosquito control in Europe using the biocide *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* (Bti). In *Science of The Total Environment*. 2020. vol. 724, 16 s.
- BURKETT – CADENA, N. 2013. Morphology of Adult and Larval Mosquitoes. University of Florida – Florida Medical Entomology Laboratory. 14 s. [cit. 2021.08.15] Dostupné na internete: https://fmel.ifas.ufl.edu/media/fmelifasufledu/workshop/Mosquito_Morphology.pdf
- CABRERA, M. B. – BOGAN, S. – POSADAS, P. – SOMOZA, G. M. – MONTOYA-BURGOS, J. I. – CARDOSO, Y. P. 2017. Risks associated with introduction of poeciliids for control of mosquito larvae: first record of the non-native *Gambusia holbrooki* in Argentina. In *Journal of Fish Biology*. 2017. vol. 91, no. 2, s. 704 – 710
- COURTNEY, G. W. – CRANSTON, P. S. 2015. Ecology and General Biology. Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates. Chapter 40 – Order Diptera. 4. vyd. USA: Academic Press, 2015. s. 1043 – 1058. ISBN 978-0-12-385026-3
- COX C. 1996. Preklad z anglického jazyka – INSECTICIDE FACTSHEET, CYPERMETHRIN, Lesoochránárske zoskupenie VLK (prekladateľ: Martin Krakovský, PhD.) [cit. 2021.09.10] Dostupné na internete:

<<http://www.wolf.sk/files/pesticidy/preklady/Faktografick%C3%A9%20pojednanie%20o%20insektic%C3%ADde%20Cypermitr%C3%ADn.pdf>>

- ČABANOVÁ, V. – MITERPÁKOVÁ, M. – VALENTOVÁ, D. – BLAŽEJOVÁ, H. – RUDOLF, I. – STLOUKAL, E. – HURNÍKOVÁ, Z. – DZIDOVÁ, M. 2018. Urbanization impact on mosquito community and the transmission potential of filarial infection in central Europe. In *Parasites & Vectors*. 2018. vol. 261, Iss. 1, 10 s.
- ČEPELÁK, J. 1984. DIPTERA SLOVENSKA I. Bratislava: VEDA, 1984. 288 s.
- ČÍŽKOVÁ, H. – KVĚT, J. – COMÍN, F. A. – LAIHO, E. – POKORNÝ, J. – PITHART, D. 2013. Actual state of European wetlands and their possible future in the context of global climate change. In *Aquatic Sciences*. 2013. vol. 75, Iss. 1, s. 3 – 26
- DAME, D. A. – CURTIS, CH. F. – BENEDICT, M. Q. – ROBINSON, A. S. – KNOLS, B. G. J. 2009. Historical applications of induced sterilisation in field populations of mosquitoes. In *Malaria Journal*. 2009. vol. 8, Iss. 2, 10 s
- DAME, D. A. – WOODARD, D. B. – FORD, H. R. – WEIDHAAS, D. E. 1964. Field Behavior of Sexually Sterile *Anopheles quadrimaculatus* Males. In *Mosquito News*. 1964. vol. 24, no. 24, s. 6 – 14
- DENHOLM, I. – DEVINE, G. J. – WILLIAMSON, M. S. 2002. Insecticide Resistance on the Move. In *Science*. 2002. vol. 297, Iss. 5590, s. 2222 – 2223
- DERUA, Y. A. – KAHINDI, S. C. – MOSHA, F. W. – KWEKA, E. J. – ATIELI, H. E. – WANG, X. – ZHOU, G. – LEE, M. – GITHEKO, A. K. – YAN, G. 2018. Microbial larvicides for mosquito control: Impact of long lasting formulations of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* and *Bacillus sphaericus* on non-target organisms in western Kenya highlands. In *Ecology and Evolution*. 2018. vol. 8, Iss. 15, s. 7563 – 7573
- DE SOUZA, T. C. – DA SILVA, S. L. R. – MARCON, J. L. – WAICHMAN, A. V. 2020. Acute toxicity of deltamethrin to Amazonian freshwater fish. In *Toxicology and Environmental Health Sciences*. 2020. vol. 12, s. 149 – 155
- DESPRÉS, L. – LAGNEAU, CH. – FRUTOS, R. 2011. Using the Bio-Insecticide *Bacillus Thuringiensis Israelensis* in Mosquito Control. In book: *Pesticides in the Modern World*. InTech, 2011. s. 93 – 127. ISBN 978-953-307-457-3
- DOBSON, S. L. 2021. When More is Less: Mosquito Population Suppression Using Sterile, Incompatible and Genetically Modified Male Mosquitoes. In *Journal of Medical Entomology*. 2021. vol. 58, Iss. 5, s. 1980 – 1986

- DOWLING, Z. – ARMBRUSTER, P. – LADEAU, S. L. – DECOTIIS, M. – MOTTLEY, J. – LEISNHAM, P. T. 2013. Linking Mosquito Infestation to Resident Socioeconomic Status, Knowledge, and Source Reduction Practices in Suburban Washington, DC. In *EcoHealth*. 2013. vol. 10, no. 1, s. 36 – 47
- DURYEA, R. – DONNELLY, J. – GUTHRIE, D. – O'MALLEY, C. – ROMANOWSKI, M. – SCHMIDT, R. 1996. *Gambusia affinis* Effectiveness in New Jersey Mosquito Control. Eighty-Third Annual Meeting of the New Jersey Mosquito Control Association. s. 95 – 102
- DYE-BRAUMULLER, K. – FREDREGILL, CH. – DEBBOUN, M. 2020. Mosquitoes, Communities, and Public Health in Texas. 1. vyd. USA: Academic Press, 2020. s. 249 – 278. ISBN 978-0-12-814545-6
- ERNEK, E. – KOŽUCH, O. – GREŠÍKOVÁ, M. – NOSEK, J. – SEKEYOVÁ, M. 1973. Isolation of Sindbis virus from the reed warbler (*Acrocephalus scirpaceus*) in Slovakia. In *Acta Virologica*. 1973. vol. 17, no. 4, s. 359 – 361
- EUROPEAN CENTRE FOR DISEASE PREVENTION AND CONTROL (ECDC). 2021. Organisation of vector surveillance and control in Europe. [cit. 2022.01.30] Dostupné na internete: <<https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/organisation-vector-surveillance-and-control-europe>>
- EUROPEAN MOSQUITO CONTROL ASSOCIATION/WORLD HEALTH ORGANISATION (EMCA/WHO). 2013. EMCA/WHO Guidelines. [cit. 2022.01.30] Dostupné na internete: <<https://www.emca-online.eu/emca/who-guidelines>>
- EVANS, B. R. – KOTSAKIOZI, P. – COSTA-DA-SILVA, A. L. – IOSHINO, R. S. – GARZIERA, L. – PEDROSA, M. C. – MALAVASI, A. – VIRGINIO, J. F. – CAPURRO, M. L. – POWELL, J. R. 2019. Transgenic *Aedes aegypti* Mosquitoes Transfer Genes into a Natural Population. In *Scientific Reports*. 2019. vol. 9, Iss. 1, 6 s.
- FOSTER, W. A. – WALKER, E. D. 2019. MEDICAL AND VETERINARY ENTOMOLOGY. Chapter 15 – Mosquitoes (Culicidae). USA: Academic Press, 2019. s. 261 – 326. ISBN 978-0-12-510451-7
- FOTAKIS, E. A. – CHASKOPOULOU, A. – GRIGORAKI, L. – TSIAMANTAS, A. – KOUNADI, S. – GEORGIU, L. – VONTAS, J. 2017. Analysis of population structure and insecticide resistance in mosquitoes of the genus *Culex*, *Anopheles* and *Aedes* from different environments of Greece with a history of mosquito borne disease transmission. In *Acta Tropica*. 2017. vol. 174, s. 29 – 37

- GAD, M. A. – AREF, S. A. – ABDELHAMID, A. A. – ELWASSIMY, M. M. – ABDEL-RAHEEM, S. A. A. 2021. Biologically active organic compounds as insect growth regulators (IGRs): introduction, mode of action, and some synthetic methods. In *Growing Science. Current Chemistry Letters*. 2021. vol. 10, Iss. 4, s. 393 – 412
- GAJENDIRAN, A. – ABRAHAM, J. 2018. An overview of pyrethroid insecticides. In *Frontiers in Biology*. 2018. vol. 13, no. 2, s. 79 – 90
- GENCHI, C. – RINALDI, L. – MORTARINO, M. – GENCHI, M. – CRINGOLI, G. 2009. Climate and *Dirofilaria* infection in Europe. In *Veterinary Parasitology*. 2009. vol. 163, Iss. 4, s. 286 – 292
- GEORGHIOU, G. P. – WIRTH, M. C. 1997. Influence of Exposure to Single versus Multiple Toxins of *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* on Development of Resistance in the Mosquito *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). In *Applied and Environmental Microbiology*. 1997. vol. 63, no. 3, s. 1095 – 1101
- GRANTHAM, A. – ANDERSON, A. L. – KELLEY, T. 2009. Door to Door Survey and Community Participation to Implement a New County Mosquito Control Program in Wayne County, North Carolina, USA. In *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2009. vol. 6, no. 8, s. 2150 – 2159
- GRAY, L. – FLOREZ, S. D. – BARREIRO, A. M. – VADILLO-SÁNCHEZ, J. – GONZÁLEZ-OLVERA, G. – LENHART, A. – MANRIQUE-SAIDE, P. – VAZQUEZ-PROKOPEC, G. 2018. Experimental evaluation of the impact of household aerosolized insecticides on pyrethroid resistant *Aedes aegypti*. In *Scientific Reports*. 2018. vol. 8, Iss. 1, 11 s.
- GREŠÍKOVÁ, M. – NOSEK, J. 1981. Arbovírusy v Československu. Bratislava: VEDA, 1981. 140 s.
- GREWAL, K. K. – SANDHU, G. S. – KAUR, R. – BRAR, R. S. – SANDHU, H. S. 2010. Toxic Impacts of Cypermethrin on Behavior and Histology of Certain Tissues of Albino Rats. In *Toxicology International*. 2010. vol. 17, Iss. 2, s. 94 – 98
- GUNTAY, O. – YIKILMAZ, M. S. – OZAYDIN, H. – IZZETOGLU, S. – SUNER, A. 2018. Evaluation of Pyrethroid Susceptibility in *Culex pipiens* of Northern Izmir Province, Turkey. In *Journal of Arthropod-Borne Diseases*. 2018. vol. 12, Iss. 4, s. 370 – 377
- HACKETT, L. W. 1937. Malaria in Europe. An ecological study. Oxford University Press, 1937. 336 s.

- HAILE, G. G. 2015. Irrigation in Ethiopia, a Review. In *Journal of Environment and Earth Science*. 2015. vol. 5, no. 15, 8 s.
- HARRIS, A. F. – NIMMO, D. – MCKEMEY, A. R. – KELLY, N. – SCAIFE, S. – DONNELLY, CH. A. – BEECH, C. – PETRIE, W. D. – ALPHEY, L. 2011. Field performance of engineered male mosquitoes. In *Nature Biotechnology*. 2011. vol. 29, no. 11, s. 1034 – 1037
- HAWARIA, D. – DEMISSEW, A. – KIBRET, S. – LEE, M. – YEWHALAW, D. – YAN, G. 2020. Effects of environmental modification on the diversity and positivity of anopheline mosquito aquatic habitats at Arjo-Dedessa irrigation development site, Southwest Ethiopia. In *Infectious Diseases of Poverty*. 2020. vol. 9, no. 9, 11 s.
- HÁJKOVÁ, Z. – MINÁŘ, J. 1970. Bionomy of Mosquitoes (Diptera, Culicidae) in the Inundated Region of Southern Moravia. In *Folia Parasitologica*. 1970. vol. 17, s. 239 – 256
- HELINSKI, M. E. H. – PARKER, A. G. – KNOLS, B. G. J. 2009. Radiation biology of mosquitoes. In *Malaria Journal*. 2009. vol. 8, Iss. 6, 13 s.
- HUANG, Y. S. – HIGGS, S. – VANLANDINGHAM, D. L. 2017. Biological Control Strategies for Mosquito Vectors of Arboviruses. In *Insects*. 2017. vol. 8, Iss. 1, 25 s.
- CHAIPHONGPACHARA, T. – BUNYUEN, P. – CHANSUKH, K. K. 2018. Development of a More Effective Mosquito Trapping Box for Vector Control. In *The Scientific World Journal*. 2018. vol. 2018, s. 1 – 8
- CHANDRA, G. – BHATTACHARJEE, I. – CHATTERJEE, S. N. – GHOSH, A. 2008. Mosquito control by larvivorous fish. In *The Indian journal of medical research*. 2008. vol. 127, Iss. 1, s. 13 – 27
- CHOBU, M. – NKWENGULILA, G. – MAHANDE, A. M. – MWANG'ONDE, B. J. – KWEKA, E. J. 2015. Direct and indirect effect of predators on *Anopheles gambiae* sensu stricto. In *Acta Tropica*. 2015. vol. 142, s. 131 – 137
- ILKO, I. – PETERKOVÁ, V. – STRELKOVÁ, L. – OBUCH, M. – PÁLEŠOVÁ, D. 2020. KOMÁRE A BIOCIDY. Trnava: Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave, 2020. 108 s. ISBN 978-80-568-0296-0
- JAHAN, N. – MUMTAZ, N. 2010. Evaluation of resistance against deltamethrin in *Aedes* mosquitoes from Lahore, Pakistan. In *BIOLOGIA (PAKISTAN)*. 2010. vol. 56, no. 1&2, s. 9 – 15

- JAKOB, CH. – POULIN, B. 2016. Indirect effects of mosquito control using *Bti* on dragonflies and damselflies (Odonata) in the Camargue. In *Insect Conservation and Diversity*. 2016. vol. 9, Iss. 2, s. 161 – 169
- JALETA, K. T. – HILL, S. R. – SEYOUM, E. – BALKEW, M. – GEBRE-MICHAEL, T. – IGNEILL, R. – TEKIE, H. 2013. Agro-ecosystems impact malaria prevalence: large-scale irrigation drives vector population in western Ethiopia. In *Malaria Journal*. 2013. vol. 12, Iss. 350, 11 s.
- JALILI, N. – ČATÁR, G. – TÓTHOVÁ, A. – GÁNYOVICS, A. – KRŠEK, F. A. 2000. Malária na Slovensku: minulosť, súčasnosť, budúcnosť. In *Slovenský lekár*. 2000. vol. 10, Iss. 24, s. 424 – 429
- JALILI, N. – LONGAUEROVÁ, A. 2006. Komármi prenášané arbovírusy v Európe. In *Lekársky obzor*. 2006. vol. 55, no. 9, s. 371 – 374
- JAYAPRIYA, G. – SHOBA, F. G. 2014. Evaluation of *Gambusia affinis* and *Bacillus thuringiensis var. israelensis* as *Culex quinquefasciatus* Control Agents. In *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2014. vol. 2, Iss. 3, s. 121 – 125
- JIANG, Q. – AO, S. – JI, P. – ZHOU, Y. – TANG, H. – ZHOU, L. – ZHANG, X. 2021. Assessment of deltamethrin toxicity in *Macrobrachium nipponense* based on histopathology, oxidative stress and immunity damage. In *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*. 2021. vol. 246, 7 s.
- KALIYAPERUMAL, K. – SHANMUGAVELU, S. 2013. Insecticide resistance in insect vectors of disease with special reference to mosquitoes: a potential threat to global public health. In *Health Scope*. 2013. vol. 2, no. 1, s. 4 – 18
- KHAFAGA, A. F. – NAIEL, M. A. E. – DAWOOD, M. A. O. – ABDEL-LATIF, H. M. R. 2020. Dietary *Origanum vulgare* essential oil attenuates cypermethrin-induced biochemical changes, oxidative stress, histopathological alterations, apoptosis, and reduces DNA damage in Common carp (*Cyprinus carpio*). In *Aquatic Toxicology*. 2020. vol. 228, 16 s.
- KIBRET, S. – ALEMU, Y. – BOELEE, E. – TEKIE, H. – ALEMU, D. – PETROS, B. 2010. The impact of a small-scale irrigation scheme on malaria transmission in Ziway area, Central Ethiopia. In *Tropical Medicine & International Health*. 2010. vol. 15, Iss. 1, s. 41 – 50

- KIOULOS, I. – KAMPOURAKI, A. – MOROU, E. – SKAVDIS, G. – VONTAS, J. 2013. Insecticide resistance status in the major West Nile virus vector *Culex pipiens* from Greece. In *Pest Management Science*. 2013. vol. 70, no. 4, s. 623 – 627
- KITTAYAPONG, P. – NINPHANOMCHAI, S. – LIMOHPSMANEE, W. – CHANSANG, CH. – CHANSANG, U. – MONGKALANGOON, P. 2019. Combined sterile insect technique and incompatible insect technique: The first proof-of-concept to suppress *Aedes aegypti* vector populations in semi-rural settings in Thailand. In *PLOS Neglected Tropical Diseases*. 2019. vol. 13, Iss. 10, 21 s.
- KOČIŠOVÁ, A. 2014. Dvojkrídly hmyz (Diptera) a choroby ním prenášané v 21. storočí v meniacom sa ekosystéme Európy. Univerzita veterinárneho lekárstva a farmácie v Košiciach, 2014. 76 s. ISBN 978-80-8077-403-5
- KÖGEL, F. 1984. Die Prädatoren der Stechmückenlarven im Ökosystem der Rheinauen. Dizertačná práca. University of Heidelberg v Nemecku, 1984. 347 s.
- KRAMÁŘ, J. 1958. FAUNA ČSR 13. KOMÁŘI BODAVÍ-CULICINAE. 1.vyd. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, 1958. s. 13 – 79.
- KRATOCHVÍL, J. 1973. POUŽITÁ ZOOLOGIE. BEZOBRATLÍ 1. 2. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1973. s. 376 – 383
- LABUDA, M. 1996. Příroda skrývá nákazy. In *Život. Prostr.* 1996. vol. 30, no. 5, s. 239 – 243
- LAGADIC, L. – SCHÄFER, R. B. – ROUCAUTE, M. – SZÖCS, E. – CHOUIN, S. – MAUPEOU, J. – DUCHET, C. – FRANQUET, E. – HUNSEC, B. – BERTRAND, C. – FAYOLLE, S. – FRANCÉS, B. – ROZIER, Y. – FOUSSADIER, R. – SANTONI, J. B. – LAGNEAU, CH. 2016. No association between the use of *Bti* for mosquito control and the dynamics of non-target aquatic invertebrates in French coastal and continental wetlands. In *Science of Total Environment*. 2016. vol. 553, s. 486 – 494
- LAWLER, S. P. – REIMER, L. – THIEMANN, T. – FRITZ, J. – PARISE, K. – FELIZ, D. – ELNAIEM, D. 2007. Effects of vegetation control on mosquitoes in seasonal freshwater wetlands. In *Journal of the American Mosquito Control Association*. 2007. vol. 23, Iss. 1, s. 66 – 70
- LIU, N. – XU, Q. – ZHU, F. – ZHANG, L. 2006. Pyrethroid resistance in mosquitoes. In *Insect Science*. 2006. vol. 13, Iss. 3, s. 159 – 166
- LIU, N. 2015. Insecticide Resistance in Mosquitoes: Impact, Mechanisms, and Research Directions. In *Annual Review of Entomology*. 2015. vol. 60, s. 537 – 559

- LUNDKVIST, E. – LANDIN, J. – JACKSON, M. – SVENSSON, C. 2003. Diving beetles (*Dytiscidae*) as predators of mosquito larvae (*Culicidae*) in field experiments and in laboratory tests of prey preference. In *Bulletin of Entomological Research*. 2003. vol. 93, no. 3, s. 219 – 226
- MACHANI, M. G. – OCHOMO, E. – ZHONG, D. – ZHOU, G. – WANG, X. – GITHEKO, A. K. – YAN, G. – AFRANE, Y. A. 2020. Phenotypic, genotypic and biochemical changes during pyrethroid resistance selection in *Anopheles gambiae* mosquitoes. In *Scientific Reports*. 2020. vol. 10, Iss. 1, 8 s.
- MATSUO, N. 2019. Discovery and development of pyrethroid insecticides. In *Proceeding of the Japan Academy, Series B*. 2019. vol. 95, no. 7, s. 378 – 400
- MEENA, S. 2017. Pyrethroid resistance in adult mosquitoes, *Aedes aegypti* from Jaipur city, Rajasthan. In *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2017. vol. 5, Iss. 4, s. 772 – 774
- MESTRE, A. P. – AMAVET, P. S. – VANZETTI, A. I. – MOLEÓN, S. – MARCÓ, V. P. – POLETTA, G. L. – SIROSKI, P. A. 2019. Effects of cypermethrin (pyrethroid), glyphosate and chlorpyrifos (organophosphorus) on the endocrine and immune system of *Salvator merianae* (Argentine tegu). In *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2019. vol. 169, s. 61 – 67
- MIKULÍČEK, P. 2018. Úvod do molekulárnej ekológie. Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, 2018. s. 23 – 38
- MILLS, M. D. – RADER, R. B. – BELK, M. C. 2004. Complex interactions between native and invasive fish: the simultaneous effects of multiple negative interactions. In *Oecologia*. 2004. vol. 141, no. 4, s. 713 – 721
- NOAISHI, A. E. – ELFATTAH, A. – EL-TAYEB, A. 2021. Comparative Toxicity Study of Novel Light-Activated Insecticide and Deltamethrin in Albino Rats. In *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2021. vol. 24, Iss. 3, s. 424 – 433
- OROLÍNOVÁ, M. 2009. Chémia a životné prostredie. Trnava: Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave, 2009. s. 58 – 75. ISBN 978-80-8082-298-9
- ÖZKAN, O. – ÜSTÜNER, O. 2012. Investigations About Genotoxicity of Deltamethrin. In *Kafkas Univ Vet Fak Derg*. 2012. vol. 18, Iss. 1, s. 69 – 74
- PAAIJMANS, K. – BRUSTOLIN, M. – ARANDA, C. – ERITJA, R. – TALAVERA, S. – PAGÈS, N. – HUIJBEN, S. 2019. Phenotypic insecticide resistance in arbovirus mosquito vectors in Catalonia and its capital Barcelona (Spain). In *PLOS ONE*. 2019. vol. 14, 13 s.

- PAGENDAM, D. E. – TREWIN, B. J. – SNOAD, N. – RITCHIE, S. A. – HOFFMANN, A. A. – STAUNTON, K. M. – PATON, C. – BEEBE, N. 2020. Modelling the *Wolbachia* incompatible technique: strategies for effective mosquito population elimination. In *BMC Biology*. 2020. vol. 18, Iss. 161, 13 s.
- PALMQUIST, K. – SALATAS, J. – FAIRBROTHER, A. 2012. Pyrethroid Insecticides: Use, Environmental Fate, and Ecotoxicology. In book: *Insecticides: Advances in Integrated Pest Management*. InTech, 2012. s. 251 – 279. ISBN 978-953-307-780-2
- PARAVANI, E. V. – SIMONIELLO, M. F. – POLETTA, G. L. – CASCO, V. H. 2019. Cypermethrin induction of DNA damage and oxidative stress in zebrafish gill cells. In *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2019. vol. 173, s. 1 – 7
- PETERKOVÁ, V. 2015. *BEZCHORDÁTY*, zoológia a ekológia. 1. vyd. Trnava: Typi Universitatis Tyrnaviensis a VEDA, 2015. s. 85 – 105. ISBN 978-80-8082-950-6
- PHUANUKOONNON, S. – MUELLER, I. – BRYAN, J. H. 2005. Effectiveness of dengue control practices in household water containers in Northeast Thailand. In *Tropical Medicine and International Health*. 2005. vol. 10, no. 8, s. 755 – 763
- PICHLER, V. – MALANDRUCCOLO, CH. – SERINI, P. – BELLINI, R. – SEVERINI, F. – TOMA, L. – LUCA, M. – MONTARSI, F. – BALLARDINI, M. – MANICA, M. – PETRARCA, V. – VONTAS, J. – KASAI, S. – DELLA TORRE, A. – CAPUTO, B. 2019. Phenotypic and genotypic pyrethroid resistance of *Aedes albopictus*, with focus on the 2017 chikungunya outbreak in Italy. In *Pest Management Science*. vol. 75, no. 10, s. 2642 – 2651
- RINCON, P. A. – CORREAS, A. M. – MORCILLO, F. – RISUENO, P. – LOBON-CERVIA, J. 2002. Interaction between the introduced eastern mosquitofish and two autochthonous Spanish toothcarps. In *Journal of Fish Biology*. 2002. vol. 61, no. 6, s. 1560 – 1585
- ROSE, R. I. 2001. Pesticides and Public Health: Integrated Methods of Mosquito Management. In *Perspectives*. 2001. vol. 7, no. 1, 7 s.
- RUDOLF, I. – ŠEBESTA, O. 2017. Invazivní druhy komárů jako potenciální riziko pro biodiverzitu a přenos nebezpečných nákaz. 1. vyd. Praha: Středisko společných činností AV ČR, 2017. 50 s.
- RUEDA, L. M. 2008. Global diversity of mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) in freshwater. In *Hydrobiologia*. 2008. vol. 595, s. 477 – 487

- RUEDA, L. M. – DEBBOUN, M. 2020. Mosquitoes, Communities, and Public Health in Texas. Chapter 1 – Taxonomy, Identification, and Biology of Mosquitoes. USA: Academic Press, 2020. s. 3 – 7. ISBN 978-0-12-814545-6
- RUSSEL, R. C. – OTRANTO, D. – WALL, R. L. 2013. The encyclopedia of Medical & Veterinary entomology. 1. vyd. UK: CABI. 2013. s. 243 – 283. ISBN 13: 978-1-78064 037-2
- SAARI, S. – NÄREAHO, A. – NIKANDER, S. 2019. Insecta. Canine Parasites and Parasitic Diseases. Cambridge: Academic Press, 2019. s. 159 – 185. ISBN 978-0-12-814112-0
- SALEH, M. S. – EL-MENIAWI, F. A. – KELADA, N. L. – ZAHRAN, H. M. 2003. Resistance development in mosquito larvae *Culex pipiens* to the bacterial agent *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*. In *Journal of applied entomology*. 2003. vol. 127, Iss.1, s. 29 – 32
- SANCHEZ, L. – PEREZ, D. – PÉREZ, T. – SOSA, T. – CRUZ, G. – KOURI, G. – BOELAERT, M. – VAN DER STUYFT. 2005. Intersectoral coordination in *Aedes aegypti* control. A pilot project in Havana City, Cuba. In *Tropical Medicine and International Health*. 2005. vol. 10, no. 1, s. 82 – 91
- SERVICE, M. 2012. MEDICAL ENTOMOLOGY for Students. 5. vyd.: Cambridge University Press, 2012. 334 s. ISBN 978-1-10-766818-8
- SHI, L. – HU, H. – MA, K. – ZHOU, D. – YU, J. – ZHONG, D. – FANG, F. – CHANG, X. – HU, S. – ZOU, F. – WANG, W. – SUN, Y. – SHEN, B. – ZHANG, D. – MA, L. – ZHOU, G. – YAN, G. – ZHU, C. 2015. Development of Resistance to Pyrethroid in *Culex pipiens pallens* Population under Different Insecticide Selection Pressures. In *Plos Neglected Tropical Diseases*. 2015. vol. 9, Iss. 8, 20 s.
- SMITH, J. P. – COPE, E. H. – WALSH, J. D. – HENDRICKSON, CH. D. 2010. Ineffectiveness of Mass Trapping for Mosquito Control in St. Andrews State Park, Panama City Beach, Florida. In *Journal of the American Mosquito Control Association*. 2010. vol. 26, Iss. 1, s. 43 – 49
- SNODGRASS, R. E. 1959. THE ANATOMICAL LIFE OF THE MOSQUITO. In *SMITHSONIAN MISCELLANEOUS COLLECTIONS*. 1959. vol. 139, no. 8, 93 s.
- SOLTANIAN, S. – FERREIDOUNI, M. S. 2017. Immunotoxic responses of chronic exposure to cypermethrin in common carp. In *Fish Physiology and Biochemistry*. 2017. vol. 43, Iss. 6, s. 1645 – 1655

- STEVEN, W. – OMBENI, K. – KWEKA, E. J. – KIMIREI, M. – CLEOPA, C. 2021. Predator preferences: a key to effective biological control design. In *Journal of Health and Biological Sciences*. 2021. vol. 9, Iss. 1, s. 1 – 4
- STOJANOVICH, CH. J. – SCOTT, H. G. 1997. Illustrated Key to The Adult Male Mosquitoes of America (North of Mexico). Louisiana: P. Stojanovich a HG Scott, 1997. 121 s.
- STRELKOVÁ, L. 2012. Spoločenstvá komárov (Diptera, Culicidae) v povodí riek Morava a Dunaj. Dizertačná práca. Univerzita Komenského v Bratislave, 2012. 111 s.
- STRELKOVÁ, L. – DERKA, T. – SVETLÍK, J. 2018. Monitoring potenciálnych liahnisk komárov v Bratislavskom samosprávnom kraji. [cit. 2022.01.20] Dostupné na internete: <https://bratislavskykraj.sk/wp-content/uploads/2020/06/bsk_projekt_komare_2018_final.pdf>
- SURENDRAN, S. N. – SIVABALAKRISHNAN, K. – JAYADAS, T. T. P. – SANTHIRASEGARAM, S. – LAHEETHARAN, A. – SENTHILNANTHANAN, M. – RAMASAMY, R. 2018. Adaptation of *Aedes aegypti* to salinity: Characterized by larger anal papillae in larvae. In *Journal of Vector Borne Diseases*. 2018. vol. 55, Iss. 3, s. 235 – 238
- ŠEBESTA, O. – GELBIČ, I. – PEŠKO, J. 2011. Daily and seasonal variation in the activity of potential vector mosquitoes. In *Open Life Sciences*. 2011. vol. 6, Iss. 3, s. 422 – 430
- ŠEFFER, J. – STANOVÁ, V. (eds.) 1999. Aluviálne lúky rieky Moravy - význam, obnova a manažment. DAPHNE - Centrum pre aplikovanú ekológiu, Bratislava, 1999. 192 s.
- TANCREDI, A. – PAPANDREA, D. – MARCONCINI, M. – CARBALLAR-LEJARAZU, R. – CASAS-MARTINEZ, M. – LO, E. – CHEN, X. – MALACRIDA, A. R. – BONIZZONI, M. 2020. Tracing temporal and geographic distribution of resistance to pyrethroids in the arboviral vector *Aedes albopictus*. In *Plos Neglected Tropical Diseases*. 2020. vol. 14, Iss. 6, 17 s.
- TETREAU, G. – STALINSKI, R. – DAVIS, J.-P. – DESPRÉS, L. 2012. Increase in larval gut proteolytic activities and Bti resistance in the dengue fever mosquito. In *Insect Biochemistry and Physiology*. 2012. vol. 82, no. 2, s. 71 – 83
- WALLACE, J.R. 2009. Encyclopedia of Island Waters. Diptera (biting flies). 1. vyd. USA: Academic Press, 2009. s. 280 – 287. ISBN 978-0-12-370626-3
- WATTERS, A. M. – ROWLAND, F. E. – SEMLITSCH, R. D. 2018. Larval salamander are as effective at short-term mosquito predation as mosquitofish. In *Canadian Journal of Zoology*. 2018. vol. 96, no. 10, 20 s.

- WIGGLESWORTH, V. B. 1933. The Function of the Anal Gills of the Mosquito Larva. In *Journal of Experimental Biology*. 1933. vol. 10, Iss. 1, s. 16 – 26
- WILLEMS, K. J. – WEBB, C. E. – RUSSELL, R. C. 2005. A comparison of mosquito predation by the fish *Pseudomugil signifier* Kner and *Gambusia holbrooki* (Girard) in laboratory trials. In *Journal of Vector Ecology: Journal of the Society for Vector Ecology*. 2005. vol. 30, Iss. 1, s. 87 – 90
- WIRTH, M. C. – PARK, H.-W. – WALTON, W. E. – FEDERICI, B. A. 2005. Cyt1A of *Bacillus thuringiensis* Delays Evolution of Resistance to Cry11A in the Mosquito *Culex quinquefasciatus*. In *Applied and Environmental Microbiology*. 2005. vol. 71, no. 1, s. 185 – 189
- WOLFRAM, G. – WENZL, P. – JERRENTROP, H. 2018. A multi-year study following BACI design reveals no short-term impact of *Bti* on chironomids (Diptera) in the floodplain in Eastern Austria. In *Environmental Monitoring and Assessment*. 2018. vol. 190, no. 2, 17 s.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). 2018. Global report on insecticide resistance in malaria vectors: 2010-2016. [cit. 2022.01.30]
Dostupné na internete:
<<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272533/9789241514057-eng.pdf>>
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). 2020. World Malaria Report. 300 s. [cit. 2021.08.30] Dostupné na internete: <<https://www.who.int/teams/global-malaria-programme/reports/world-malaria-report-2020>>
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). 2021. Vector insecticide resistance. Insecticide class: Pyrethroids. [cit. 2022.01.30] Dostupné na internete:
<https://apps.who.int/malaria/maps/threats/?theme=prevention&mapType=prevention%3A0&bounds=%5B%5B-155.17130376458604%2C-77.5521330650758%5D%2C%5B244.20369623541217%2C77.53205089124893%5D%5D&insecticideClass=PYRETHROIDS&insecticide=&insecticideTypes=DELTAETHRIN%2CCYPERMETHRIN&assayTypes=MOLECULAR_ASSAY%2CBIOCHEMICAL_ASSAY%2CSYNERGIST-INSECTICIDE_BIOASSAY&synergistTypes=&species=&vectorSpecies=&surveyTypes=&deletionType=HRP2_PROPORTION_DELETION&plasmodiumSpecies=P._FALCIPARUM&drug=DRUG_AL&mmType=1&excludeLowerPatients=false&excludeLowerSamples=false&endemicity=false&countryMode=false&storyMode=false&storyModeStep=0&filterOpen=true&filtersMode=filters&years=2010%2C2022>

- XUE, R. – DOYLE, M. A. – KLINE, D. L. 2008. Field Evaluation of CDC and Mosquito Magnet X Traps Baited With Dry Ice, CO₂ Sachet, and Octenol Against Mosquitoes. In *Journal of the American Mosquito Control Association*. 2008. vol. 24, Iss. 2, s. 249 – 252
- YADOLETON, A. – MARTIN, T. – PADONOU, G. – CHANDRE, F. – ASIDI, A. – DJOGBENOU, L. – DABIRÁ, R. – AĪKPON, R. – BOKO, M. – GLITHO, I. – AKOGBETO, M. 2011. Cotton pest management practices and the selection of pyrethroid resistance in *Anopheles gambiae* population in Northern Benin. In *Parasites & Vectors*. 2011. vol. 4, Iss. 1, 11 s.
- YANG, L. – TURO, K. – RILEY, C. B. – INOCENTE, E. A. – TIAN, J. – HOEKSTRA, N. C. 2019. Can urban greening increase vector abundance in cities? The impact of mowing, local vegetation, and landscape composition on adult mosquito populations. In *Urban Ecosystems*. 2019. vol. 22, no. 5, s. 827 – 839
- ZHENG, B. – YU, J. – LIU, J. – ZHUANG, J. – HU, Z. – ZHANG, M. – GONG, J. – HONG, X. – ZHANG, Z. – LIN, L. LIU, Q. – HU, Z. – WU, Z. – BATON, L. A. – HOFFMANN, A. A. – XI, Z. 2019. Incompatible and sterile insect techniques combined eliminate mosquitoes. In *Nature*. 2019. vol. 572, s. 56 – 61

Internetové zdroje

[1] <https://www.sciencephoto.com/media/641999/view/eggs-of-anopheles-gambiae>

[cit. 2021.08.10]

[2] <https://www.galvestoncountytexas.gov/county-offices/mosquito-control/mosquito-biology>

[cit. 2021.08.23]

[3]

[https://www.uvzsr.sk/index.php?option=com_content&view=article&id=3847%3Aanadmer-ny-vyskyt-komarov-vplyv-na-zdravie-a-odporuania-na-ochranu-pred-](https://www.uvzsr.sk/index.php?option=com_content&view=article&id=3847%3Aanadmer-ny-vyskyt-komarov-vplyv-na-zdravie-a-odporuania-na-ochranu-pred-komarmi&catid=99%3Apovodne-a-ochrana-zdravia&Itemid=106)

[komarmi&catid=99%3Apovodne-a-ochrana-zdravia&Itemid=106](https://www.uvzsr.sk/index.php?option=com_content&view=article&id=3847%3Aanadmer-ny-vyskyt-komarov-vplyv-na-zdravie-a-odporuania-na-ochranu-pred-komarmi&catid=99%3Apovodne-a-ochrana-zdravia&Itemid=106) [cit. 2021.08.30]

[4] https://dolnesaliby.sk/wp-content/uploads/2019/06/KBU_ROTARYN_50.pdf

[cit. 2021.09.10]

[5] https://www.adama.com/documents/644574/645533/Dinastia_KBU.pdf

[cit. 2021.09.10]

[6]

[https://apps.who.int/malaria/maps/threats/?theme=prevention&mapType=prevention%3A0&bounds=%5B%5B-169.66671504352834%2C-](https://apps.who.int/malaria/maps/threats/?theme=prevention&mapType=prevention%3A0&bounds=%5B%5B-169.66671504352834%2C-69.57202227630064%5D%2C%5B229.70828495647288%2C77.89317250164598%5D%5D&insecticideClass=PYRETHROIDS&insecticideTypes=CYPERMETHRIN%2CDELTA-METHRIN&assayTypes=MOLECULAR_ASSAY%2CBIOCHEMICAL_ASSAY%2CSYNERGIST-INSECTICIDE_BIOASSAY&synergistTypes=&species=&vectorSpecies=&surveyTypes=&deletionType=HRP2_PROPORTION_DELETION&plasmodiumSpecies=P._FALCIPARUM&drug=DRUG_AL&mmType=1&endemicity=false&countryMode=false&storyMode=false&storyModeStep=0&filterOpen=true&filtersMode=filters&years=2010%2C2021)

[69.57202227630064%5D%2C%5B229.70828495647288%2C77.89317250164598%5D%5D&insecticideClass=PYRETHROIDS&insecticideTypes=CYPERMETHRIN%2CDELTA-METHRIN&assayTypes=MOLECULAR_ASSAY%2CBIOCHEMICAL_ASSAY%2CSYNERGIST-](https://apps.who.int/malaria/maps/threats/?theme=prevention&mapType=prevention%3A0&bounds=%5B%5B-169.66671504352834%2C-69.57202227630064%5D%2C%5B229.70828495647288%2C77.89317250164598%5D%5D&insecticideClass=PYRETHROIDS&insecticideTypes=CYPERMETHRIN%2CDELTA-METHRIN&assayTypes=MOLECULAR_ASSAY%2CBIOCHEMICAL_ASSAY%2CSYNERGIST-INSECTICIDE_BIOASSAY&synergistTypes=&species=&vectorSpecies=&surveyTypes=&deletionType=HRP2_PROPORTION_DELETION&plasmodiumSpecies=P._FALCIPARUM&drug=DRUG_AL&mmType=1&endemicity=false&countryMode=false&storyMode=false&storyModeStep=0&filterOpen=true&filtersMode=filters&years=2010%2C2021)

[INSECTICIDE_BIOASSAY&synergistTypes=&species=&vectorSpecies=&surveyTypes](https://apps.who.int/malaria/maps/threats/?theme=prevention&mapType=prevention%3A0&bounds=%5B%5B-169.66671504352834%2C-69.57202227630064%5D%2C%5B229.70828495647288%2C77.89317250164598%5D%5D&insecticideClass=PYRETHROIDS&insecticideTypes=CYPERMETHRIN%2CDELTA-METHRIN&assayTypes=MOLECULAR_ASSAY%2CBIOCHEMICAL_ASSAY%2CSYNERGIST-INSECTICIDE_BIOASSAY&synergistTypes=&species=&vectorSpecies=&surveyTypes=&deletionType=HRP2_PROPORTION_DELETION&plasmodiumSpecies=P._FALCIPARUM&drug=DRUG_AL&mmType=1&endemicity=false&countryMode=false&storyMode=false&storyModeStep=0&filterOpen=true&filtersMode=filters&years=2010%2C2021)

[=&deletionType=HRP2_PROPORTION_DELETION&plasmodiumSpecies=P._FALCIP](https://apps.who.int/malaria/maps/threats/?theme=prevention&mapType=prevention%3A0&bounds=%5B%5B-169.66671504352834%2C-69.57202227630064%5D%2C%5B229.70828495647288%2C77.89317250164598%5D%5D&insecticideClass=PYRETHROIDS&insecticideTypes=CYPERMETHRIN%2CDELTA-METHRIN&assayTypes=MOLECULAR_ASSAY%2CBIOCHEMICAL_ASSAY%2CSYNERGIST-INSECTICIDE_BIOASSAY&synergistTypes=&species=&vectorSpecies=&surveyTypes=&deletionType=HRP2_PROPORTION_DELETION&plasmodiumSpecies=P._FALCIPARUM&drug=DRUG_AL&mmType=1&endemicity=false&countryMode=false&storyMode=false&storyModeStep=0&filterOpen=true&filtersMode=filters&years=2010%2C2021)

[ARUM&drug=DRUG_AL&mmType=1&endemicity=false&countryMode=false&storyM](https://apps.who.int/malaria/maps/threats/?theme=prevention&mapType=prevention%3A0&bounds=%5B%5B-169.66671504352834%2C-69.57202227630064%5D%2C%5B229.70828495647288%2C77.89317250164598%5D%5D&insecticideClass=PYRETHROIDS&insecticideTypes=CYPERMETHRIN%2CDELTA-METHRIN&assayTypes=MOLECULAR_ASSAY%2CBIOCHEMICAL_ASSAY%2CSYNERGIST-INSECTICIDE_BIOASSAY&synergistTypes=&species=&vectorSpecies=&surveyTypes=&deletionType=HRP2_PROPORTION_DELETION&plasmodiumSpecies=P._FALCIPARUM&drug=DRUG_AL&mmType=1&endemicity=false&countryMode=false&storyMode=false&storyModeStep=0&filterOpen=true&filtersMode=filters&years=2010%2C2021)

[ode=false&storyModeStep=0&filterOpen=true&filtersMode=filters&years=2010%2C202](https://apps.who.int/malaria/maps/threats/?theme=prevention&mapType=prevention%3A0&bounds=%5B%5B-169.66671504352834%2C-69.57202227630064%5D%2C%5B229.70828495647288%2C77.89317250164598%5D%5D&insecticideClass=PYRETHROIDS&insecticideTypes=CYPERMETHRIN%2CDELTA-METHRIN&assayTypes=MOLECULAR_ASSAY%2CBIOCHEMICAL_ASSAY%2CSYNERGIST-INSECTICIDE_BIOASSAY&synergistTypes=&species=&vectorSpecies=&surveyTypes=&deletionType=HRP2_PROPORTION_DELETION&plasmodiumSpecies=P._FALCIPARUM&drug=DRUG_AL&mmType=1&endemicity=false&countryMode=false&storyMode=false&storyModeStep=0&filterOpen=true&filtersMode=filters&years=2010%2C2021)

[1](https://apps.who.int/malaria/maps/threats/?theme=prevention&mapType=prevention%3A0&bounds=%5B%5B-169.66671504352834%2C-69.57202227630064%5D%2C%5B229.70828495647288%2C77.89317250164598%5D%5D&insecticideClass=PYRETHROIDS&insecticideTypes=CYPERMETHRIN%2CDELTA-METHRIN&assayTypes=MOLECULAR_ASSAY%2CBIOCHEMICAL_ASSAY%2CSYNERGIST-INSECTICIDE_BIOASSAY&synergistTypes=&species=&vectorSpecies=&surveyTypes=&deletionType=HRP2_PROPORTION_DELETION&plasmodiumSpecies=P._FALCIPARUM&drug=DRUG_AL&mmType=1&endemicity=false&countryMode=false&storyMode=false&storyModeStep=0&filterOpen=true&filtersMode=filters&years=2010%2C2021) [cit. 2021.10.12]

[7] <https://sk.mapy.cz/zakladni?x=17.3547000&y=48.2979000&z=11> [cit. 2021.12.26]

[8]

<http://www.biomonitoring.sk/CMS/Multimedia/RelatedMultimediaDetail/92713#prettyPhoto>

[cit. 2021.12.12]

[9] <https://maps.google.com> [cit. 2021.12.26]

[10] <https://www.utep.edu/leb/mosquito/larvaeID.pdf> [cit. 2021.08.14]

[11] <http://maps.sopsr.sk/> [cit. 2022.03.05]

Právne predpisy

ZÁKON č. 211/2000 Z. z. o slobodnom prístupe k informáciám a o zmene a doplnení niektorých zákonov (zákon o slobode informácií)