

Literatura:

- Braun - Blanquet, J., 1964: *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 1. Edition.* Dunaj: Springer Verlag.
- Chittka, L., Raine, E., N., 2006: *Recognition of flowers by pollinators.* *Current Opinion in Plant Biology*, 9: 428–425.
- Čarni, A., Košir, P., Marinšek, A., Šilc, U., Zelnik, I., 2007: *Changes in structure, floristic composition and chemical soil properties in a succession of birch forests.* *Periodicum biologorum*, 109: 13–20.
- Garnier, E., Laurent, G., Bellmann, A., Debain, S., Berthelie, P., Ducout, B., Roumet, C., Navas, M. L., 2004: *Consistency of species ranking based on functional leaf traits.* *New Phytologist*, 152: 69–83.
- Grime, J. P., Thompson, K., Hunt, R., Hodgson, J. G., Cornelissen, J. H. C., 1997: *Integrated screening validates primary axes of specialisation in plants.* *Oikos*, 79: 259–281.
- Miller, R., Owens, S.J., Rorslett, B. 2011: *Plants and colour: Flowers and pollination. Optics and Laser Technology* 43: 282–294.
- Nygaard, B., Ejmaes, R., 2004: *A new approach to functional interpretation of vegetation data.* *Journal of Vegetation Science*, 15: 49–56.
- Raunkiaer, C., 1937: *Planterigetets Livsformer og deres Betydning for Geografien.* Kopenhagen: Kristiania.
- Řehunková, K., Prach, K., 2010: *Life-history traits and habitat preferences of colonizing plant species in long-term spontaneous succession in abandoned gravel-sand pits.* *Basic and Applied Ecology*, 11: 45–53.
- Saatkamp, A., Römermann, C., 2010: *Plant Functional Traits Show Non-Linear Response to Grazing.* *Folia Geobotanica*, 45: 230–252.



Andrej Paušič se je rodil leta 1983. Leta 2008 je diplomiral na biologiji in geografiji na Filozofski fakulteti v Mariboru. Od leta 2008 je zaposlen kot mladi raziskovalec na Biološkem inštitutu Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti.

Tema njegove doktorske naloge je študija faz razvoja sekundarne sukcesije, vrstne pestrosti in sprememb krajinske strukture v Beli krajini. Avtor se ukvarja tudi z rastlinsko taksonomijo, fitocenologijo, krajinsko ekologijo, metodami daljinskega zaznavanja in uporabo geografskih informacijskih sistemov v ekologiji.

Ekologija • Klopji

Klopji

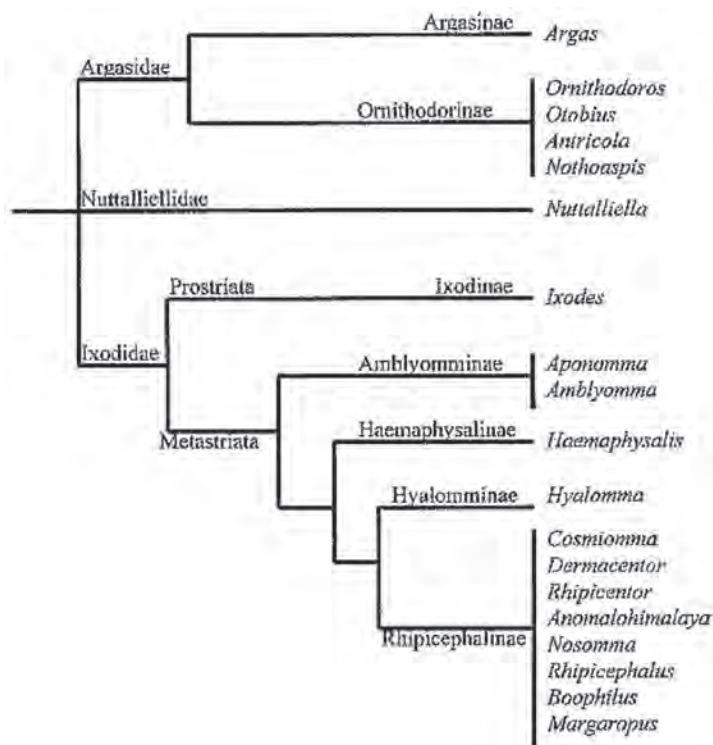
Maja Gračner

Klope je kot nagnusne zajedavske živali opazil že Aristotel. Leta 1893 so ameriški raziskovalci odkrili, da so klopji pomembni prenašalci bolezni. Predvsem zaradi bolezni, ki jih prenašajo klopji, se zadnja desetletja vse več pozornosti namenja njihovem preučevanju. V tej številki bodo predstavljene evolucija in sistematika klopov, družina trdih klopov (Ixodidae), njihove osnovne morfološke značilnosti, razvoj in okolje, v katerem živijo, ter nadzor številčnosti klo-

pov. V prihodnji številki pa bodo predstavljeni gostitelji klopov, gospodarski in zdravstveni pomen klopov ter njihovi naravni sovražniki.

Evolucija in sistematika klopov

Klopji naj bi se pojavili v poznem paleozoiku ali v začetku mezozoika pred 225 milijoni let, ko so zajedali na plazilcih. Začetek pojavljanja je težje oceniti, saj so fosili klopov znani predvsem iz obdobja eocena in zgodnjem ter-



Slika 1: Tradicionalna Hoogstraalova klasifikacija klopov (Parola in Raoult, 2001).

ciarju pred 50 milijoni let. V New Jerseyju so odkrili klopa vrste *Carios jerseyi*, fosilizirane ga v jantaru. Njegovo starost ocenjujejo na 90 do 94 milijonov let. Hranil naj bi se s krvjo dinosavrov. Omenjeni klop predstavlja najstarejši fosil klopa.

Klopi sodijo med mnogočlenarje (Polymeria), v poddeblo členonožcev (Arthropoda), v razred pajkovcev (Arachnida) in red pršic (Acarina). Med pršice (Acarina) uvrščamo tudi podred Ixodida, ki ga sestavljajo tri družine, katerih morfologija in biologija sta zelo različni. Družina Ixodidae (trdi ali ščitasti klopi) je najštevilčnejša družina. Deli se na skupino Prostriata, kamor sodi rod *Ixodes*, in skupino Metastrata, kamor v Evropi sodijo rodovi *Haemaphysalis*, *Dermacentor*, *Hyalomma* in *Rhipicephalus*. V družino Argasidae (mehki ali usnjati klopi) sodi 175 vrst klopov. Iz rodov *Argas* in *Ornithodoros* najdemo v Evropi tri vrste. Tretja družina pa je Nuttalliellidae, ki ima eno vrsto,

omejeno na območje Afrike. Predstavljena je tradicionalna Hoogstraalova razvrstitev klopov (slika 1), ki je najpogosteje uporabljena razvrstitev klopov.

Družina trdih klopov (Ixodidae)

Družina trdih klopov (Ixodidae) je pomembna zaradi svoje številčnosti in pomena v veterini in medicini. Znanih je več kot 800 vrst klopov (od tega jih je 23 razširjenih v Evropi). Po podatkih iz študijske zbirke Prirodoslovnega muzeja Slovenije živi v Sloveniji 16 vrst klopov: južni ornamentirani klop (*Dermacentor marginatus*), severni ornamentirani klop (*Dermacentor reticulatus*), reliktni klop (*Haemaphysalis concinna*), rdeči ovčji klop (*Haemaphysalis punctata*), dvogostiteljski klop (*Hyalomma marginatum*), glodalčji klop (*Ixodes acuminatus*), duplarski klop (*Ixodes arboricola*), lisičji klop (*Ixodes canisuga*), ptičji klop (*Ixodes frontalis*), ježev klop (*Ixodes hexagonus*), gozdni klop (*Ixodes ricinus*) (slika 2),



Slika 2: Razvojni stadiji gozdnega klopa (*Ixodes ricinus*).

Zgoraj levo nimfa, zgoraj desno samec, spodaj levo samica, spodaj desno nasesana samica.

Foto: Matija Gogala in Tomi Trilar.

breguljkin klop (*Ixodes lividus*) (slika 3), rovin klop (*Ixodes trianguliceps*), netopirski klop (*Ixodes vespertilionis*), klop vrste *Rhipicephalus bursa* in pasji klop (*Rhipicephalus sanguineus*) (Trilar, 2004, Trilar, neobjavljeni podatki). Gozdni klop (*I. ricinus*) je v Sloveniji splošno razširjen, medtem ko imajo nekatere vrste omejeno razširjenost in se pojavljajo predvsem na Primorskem ali v Prekmurju.

Osnovne morfološke značilnosti klopov

Zaradi velikosti so klopi dokaj opazne pršice, vendar se od drugih pršic razlikujejo po dveh anatomskih značilnostih. To sta bodalo in senzorični Hallerjev organ, ki je na prvem členu prvega para nog. Obe strukturi sta povezani z zajedavskim načinom življenja. Bodalo nosi številne majhne zobce, s katerimi se klop zasidra v gostiteljevo kožo. Hallerjev organ zaznava spremembe temperature, vlažnosti, koncentracije ogljikovega dioksida, aromatičnih spojin, amonijaka, feromonov in vibracij zraka. S Hallerjevim organom tudi »tipajo« po zraku med prežanjem na gostitelja. Hrbtno sploščeno telo omogoča klopju, da lažje zleze med dlako in perje ter se oprime gostitelja. Podobno kot druge pršice imajo tudi klopi več razvojnih

stopenj: ličinke, nimfe in odrasle osebkje. Ščitek se nahaja na hrbtni strani telesa klopa. Pri samicah in nedoraslih stadijih se ščitek nahaja le na sprednjem delu, pri samcih pa pokriva celotno hrbtno površino. Na sliki 4 so predstavljene morfološke značilnosti hrbtnih in trebušnih strani samice klopa iz rodu *Ixodes*. Ličinke klopov imajo tri pare nog, nimfe in odrasli pa štiri pare. Samo mladostni stadiji in samica sesajo kri, medtem ko samec leze po gostitelju samo zato, da najde samico in se z njo spari. Oplojena samica, napita krvi, pade z gostitelja in v nekaj tednih izleže jajčeca (število jajčec se razlikuje od vrste do vrste), nato pa pogine.

Določanje vrst je najzanesljivejše pri odraslih samicah. Tudi samci niso preveč problematični, kljub temu da imajo nekatere znake manj izražene. Nimfe je težje določiti. Pri določevanju ličink pa potrebujemo mikroskop in obilico izkušenj.

Razvoj klopov

Razvoj klopov vključuje štiri stopnje. Ločimo neaktivno in aktivne stopnje. Jajčeca so neaktivna stopnja, medtem ko so ličinka, nimfa in odrasli osebek aktivne, zajedavske stopnje. Obrok krvi je pogoj za razvoj v viš-



Slika 3: Breguljkin klop (*Ixodes lividus*).
Levo samec, desno samica.
Foto: Tomi Trilar.

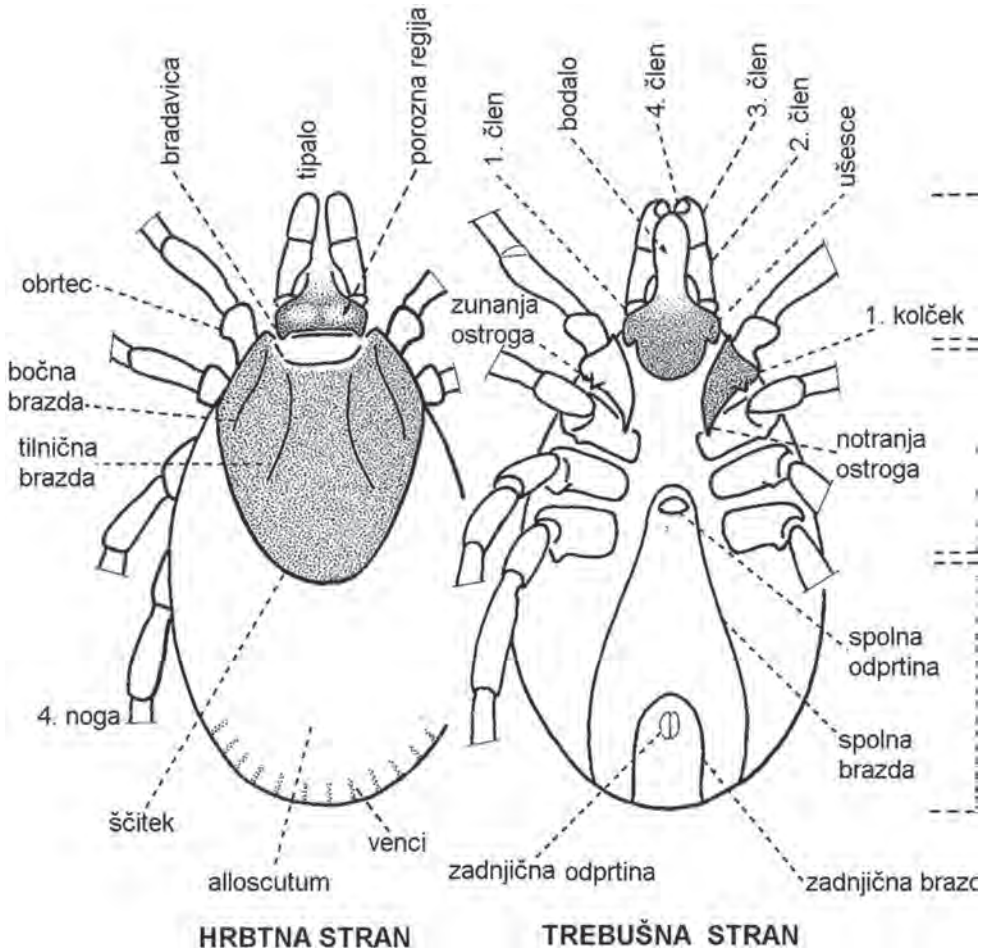
jo razvojno stopnjo (iz ličinke v nimfo, iz nimfe v odraslo žival). Odrasla in oplojena samica porabi nasesano kri za razvoj in odlaganje jajčec, nato pogine.

Eksofilne klope najpogosteje najdemo v izpostavljenih življenjskih prostorih (v gozdu, grmovju, na travniku), medtem ko se endofilni klopi zadržujejo predvsem v brlogih in gnezdih. Od tega je odvisno tudi mesto parjenja, kjer se eksofilne vrste ponavadi pariyo na gostitelju, endofilne pa ne. Ko se samica klopa pritrdi na gostitelja, na katerem je tudi samec, pride do parjenja. Samec se lahko pri mnogih vrstah pari z več samicami ali pa večkrat z eno. Ko je oplojena samica popolnoma nasesana krvi, se spusti na tla in miruje. Nasesana samica skoncentrirani obrok krvi porabi za tvorbo jajčec. Samice lahko izležejo od 400 do več kot 20.000 jajčec, odvisno od vrste. Samica vrste *Dermacentor variabilis* na primer izleže povprečno 5.000 jajčec.

Samica iz družine trdih kloпов (*Ixodidae*) poveča svojo telesno težo do stokrat in več pri enem samem hranjenju. Celotni krvni obrok porabi za proizvodnjo jajčec v eni sami ovipoziciji. Zaradi slabih vremenskih razmer odlaganje jajčec lahko zakasni. Pri odlaganju posameznih jajčec si samica pomaga z obustnimi deli, nato pa jih obda z voskasto in mastno prevleko, kar omogoča vododržnost, ki je zelo

pomembna za preživetje. Pri gozdnem klopju (*I. ricinus*) traja obdelava vsakega jajčeca tri do dvanajst minut. Zato traja ovipozicija od nekaj dni do nekaj tednov. Po vsem tem je samica povsem izčrpana in pogine. Že po dveh tednih se lahko izležejo ličinke. Razmerje spolov pri ličinkah je ponavadi 1 : 1. Kadar pa so razmere neugodne, se ličinke izležejo šele čez eno leto. Lahko se pojavi tudi partenogeneza, vendar so take ličinke prešibke, nezmožne hranjenja in kmalu poginejo. Pri gozdnem klopju (*I. ricinus*) traja življenjski krog od enega do šest let (navadno dve do tri leta), odvisno od ugodnosti razmer. Če samica ni oplojena, se ne nasesa do konca in ne tvori jajčec.

Pri klopjih, kakor tudi pri mnogih členonožcih in nevretenčarjih, sta značilni zaustavitve razvoja in mirovanje, kar imenujemo diapavza in pomeni premostitev neugodnih podnebnih, prehranskih in življenjskih razmer. Diapavza je endogeno uravnavaano stanje, vendar na njen začetek običajno vpliva fotoperioda. Večkrat se pri diapavzi kombinirajo vplivi učinkov svetlobe, toplote in vlažnosti. Diapavza omogoča uskladitev razvoja, rasti, razmnoževanja in prehranjevalnega obdobja nevretenčarjev s sezonskimi spremembami v okolju. Živali lahko v diapavzi ostanejo več tednov ali celo mesecev. V bolj ali manj istem stanju mirujejo z močno znižano ravnijo presnove in zmanjšano gibalno



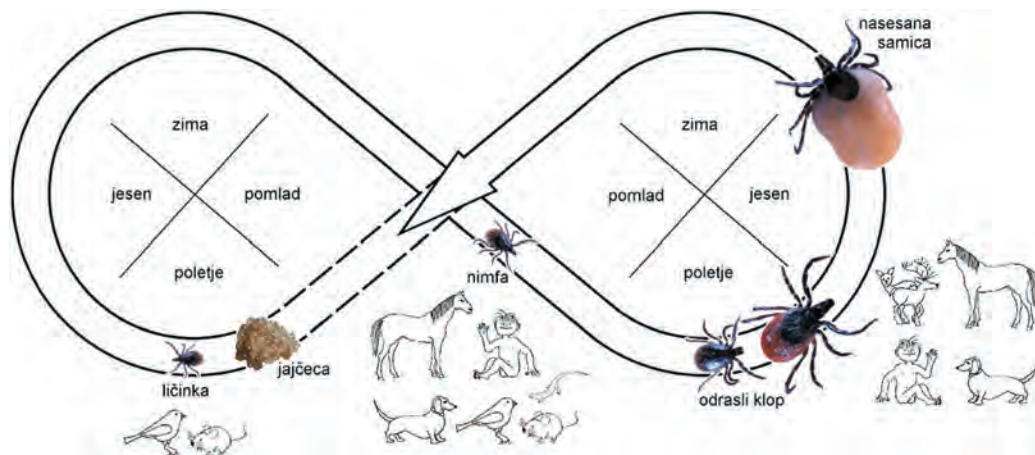
Slika 4: Morfološke značilnosti hrbtne in trebušne strani samice klopa iz rodu *Ixodes*. Tomi Trilar, prevzeto iz Hillyard, 1996.

aktivnostjo, vse dokler ugodni dražljaji iz okolja tega stanja ne končajo. O dejavniki okolja, ki uravnavajo začetek in konec diapavze klopov, je težko govoriti, ker še niso dobro raziskani. Fotoperioda naj bi bila glavni dražljaj, verjeten pa je tudi vpliv temperature prsti in zraka.

Pri klopih ločimo dve vrsti diapavze, in sicer vedenjsko in morfogenetsko oziroma razvojno. Vedenjska diapavza je najbolj pogosta, medtem ko je razvojna diapavza manj pogosta. Poseben tip diapavze je tudi od-

ložitev hranjenja pri klopih, ki so čez zimo pritrjeni na gostiteljih, a ne sesajo, kar lahko opazujemo na Arktiki.

Vedenjska diapavza je fiziološko stanje klopa, ko ta ne išče gostitelja in se ne hrani, tudi če je gostitelj na razpolago. Takšno stanje omogoča klopom, predvsem odraslim samicam, da sinhronizirajo čas iskanja gostitelja in hranjenja z najugodnejšimi obdobji za razvoj. Vedenjska diapavza se navadno pojavi takoj po pojavu klopov spomladi (po razvojni diapavzi), po levitvi ali pa po dol-



Slika 5: Razvojni krog gozdnega klopa (*Ixodes ricinus*). Prosen, 2001.

gem iskanju gostitelja, ko se klopi, ki dlje časa niso našli gostitelja, spustijo z višjih bilk, kjer so prežali, na nižje, pritalne plasti travnika, na detritni listni opad gozdnih tal ali pa gredo celo v prst.

Razvojna diapavza je fiziološko stanje, v katerem prihaja do zakasnitve v razvoju jajčec, levitvi nasesanih nedoraslih kloпов in ovipoziciji nasesanih samic. To pomeni, da jajčeca z zarodki ali napiti nedorasli osebkii zakasnijo svoj razvoj za dolgo obdobje in da napite oplojene samice ne odložijo jajčec še nekaj mesecev po hranjenju. Govorimo lahko o ovipozicijski diapavzi, ki omogoča, da se leženje jajčec in izleganje ličink ujemata z ugodnimi podnebnimi razmerami, kar pomeni, da se razvoj navadno začne v spomladanskih ali poletnih mesecih.

Jajčeca, ki se izležejo poleti, so odložile samice, ki so se hranile spomladi. Zaradi razvojne diapavze se lahko izleganje prestavi do naslednjega leta. Iz jajčec se razvijejo ličinke, ki začnejo iskati gostitelja. Ko najdejo gostitelja, se začnejo prehranjevati, nato ga zapustijo in se levijo pozno poleti. Če gostitelja ne najdejo, potem zaradi postopnega krajšanja dneva, pojemanja sončne energije in nižanja temperature preidejo v diapavzo

in začnejo iskati gostitelja šele naslednjo pomlad. Podobno je tudi pri nimfah. Če se mladi odrasli osebkii pojavijo pozno poleti, preidejo v diapavzo in prezimijo, z dejavnostjo pa začnejo naslednjo pomlad (slika 5). Od ličinke do nenapitega odraslega klopa potrebuje gozdni klop (*I. ricinus*) vsaj dve leti, največkrat pa potrebuje še tretje leto za hranjenje, parjenje in reprodukcijo odraslih.

Okolje kloпов

Okolje kloпов je tudi telo gostitelja, čeprav najmanj devetdeset odstotkov svojega življenja ne preživijo na gostitelju. V rastlinju, v bivališču gostitelja, potekajo daljša obdobja mirovanja in razvoja, medtem ko se na gostiteljevem telesu večinoma prehranjujejo in pariyo. Dejavnost mnogih sesalčjih in ptičjih zajedavcev je povezana z endotermijo. Temperatura kože (31 do 32 stopinj Celzija) privablja stenice, komarje, uši in klope.

Sonenshine (1993) opisuje življenjski prostor, ki je sestavljen iz več plasti, ki se med seboj razlikujejo v temperaturi, relativni vlažnosti in gibanju zraka. V plasti nad vegetacijsko plastjo so razmere podobne splošnim podnebnim razmeram območja. Govorimo o makroklimi, medtem ko predstavljajo raz-

mere v vegetacijski plasti mezoklimo, kjer so temperaturne spremembe manjše, vlažnost pa je večja. Mikroklimo predstavljajo mikrokolje prsti, listni opad in meja med prstjo in vegetacijo. Od mikroklimo in mikrokolja, kjer preživijo klopi večino svojega razvoja in življenja, je odvisno preživetje klopov. Razmere so tu zaradi vegetacije drugačne od makroklimatskih. Vegetacija deluje kot pufer, saj podnevi absorbira energijo, ponoči jo oddaja, na pokriti površini pa se povečuje vlažnost. Klopi v takem okolju z neposredno absorpcijo pridobijo vodo, ki so jo med iskanjem gostitelja izgubili, kar jim omogoča, da lahko dlje časa iščejo gostitelja. Hidrirani, mladi in nenahranjeni klopi plezajo proti vrhu travne bilke in tam čakajo na gostitelja. Po nekaj dneh se najbolj izsušeni osebkii spustijo nazaj v vegetacijsko plast, kjer pridobijo izgubljeno vodo iz nasičenega zraka. Klop izgublja vodo na meji med makro- in mezoklimatskimi razmerami. Kljub temu da se ponoči relativna vlažnost dvigne, to ni dovolj v primerjavi z izgubljeno vodo podnevi. V primerjavi z ostalimi nevretenčarji lahko klopi preživijo dolga obdobja brez vode in hrane. To jim omogoča mehanizem diapavze, vendar je njihova dolgoživost odvisna tudi od abiot-skih dejavnikov v prsti in na dnu vegetacije ter od podnebnih klimatskih razmer vegetacije, kjer klopi iščejo gostitelja. Kritična ravnotežna vlažnost za klope je med 80 in 92 odstotki. Gozdni klop (*I. ricinus*) uspeva dobro pri relativni zračni vlagi 92 odstotkov, pasji klop (*R. sanguineus*) pri 80 do 90 odstotkov. Gozdni klop (*I. ricinus*) preživi samo na območjih, kjer relativna zračna vlažnost njegove mikroklimo ne pade pod 80 odstotkov, ravno tako poletne temperature, višje od 34 stopinj Celzija, niso primerne za to vrsto klopa, saj postane okolje presuho. Klopi imajo lahko en optimalni življenjski prostor (na primer listopadni gozd ali savana) ali pa so prilagojeni na več različnih okolij, odvisno od podnebnih razmer in do-stopnosti gostiteljev.

Nahranjeni gozdni klopi (*I. ricinus*) preživijo zimo, vendar so nezmožni preiti iz enega stadija v drugega, če se nahajajo v zmernem podnebnem pasu na območju z nadmorsko višino več kot 700 metrov. Pomembno vlogo imajo tudi podnebne razmere (na primer temperatura), kjer je pomembno tudi število dni v letu, ki dovoljujejo razvoj klopa. To največkrat vpliva na določitev severne meje razširjenosti klopov, na primer na Švedskem. Zaradi povečanja števila glavnih gostiteljev za odrasle klope in zaradi milejših vremenskih razmer na jugu Švedske se je v zadnjem desetletju povečalo območje razširjenosti gozdnega klopa (*I. ricinus*), posledično pa tudi njegova številčnost in pogostost, kar je omogočilo širjenje klopov na severnejša območja, kjer je še vedno dovolj gostiteljev za vse stadije.

Nadzor številčnosti klopov

Z nadzorovanimi požigi, mehanskim čiščenjem (košnja), odstranjevanjem listnega opada in delno odstranitvijo krošenj (tla so tako neposredno izpostavljena soncu) lahko povzročimo spremembo življenjskega prostora, kar je lahko eden od najučinkovitejših načinov nadzora številčnosti klopov, saj ne zahteva uporabe strupov in pobijanja gostiteljev. Pri nadzoru številčnosti klopov je treba spremeniti mikroživljenjski prostor (mikrohabitat) klopa do te mere, da za klope ni več primeren. Klopi so izpostavljeni izsušitvi, veliki vročini poleti in mrazu pozimi. Klopi, ki živijo v vegetaciji v skoraj nasičenem zraku, niso v stresu. Možen je tudi biološki nadzor klopov, v kar so vključeni naravni plenilci klopov (na primer hrošči, pajki, mravlje ...), zajedavci (žuželke, pršice, gliste) in bakterijski patogeni klopov.

Gliva vrste *Metarhizium anisopliae* lahko vpliva na nadzor rasti klopa vrste *Ixodes scapularis*. Tako so na zahodnem gozdnatem območju New Yorka opazili zmanjšanje številčnosti nimf za 50 odstotkov, zmanjšanje številčnosti odraslih klopov pa za 62 odstotkov. Bolj kruti nadzor številčnosti klopov je pobijanje živali,

ki so gostitelji določene vrste klopa. Na otoku Main so zaradi velike medsebojne odvisnosti določene vrste klopov in Limske borelioze v dveh letih usmrtili vso jelenjad (gostitelje klopov, ki so prenašali Limsko boreliozo), zaradi česar se je število odraslih klopov hitro zmanjšalo.

Kljub vsemu je zmanjševanje in odstranjevanje populacije klopov težavno in večinoma le kratkoročno, poleg tega pa lahko povzroči ekološko škodo, čeprav je zavedanje o možnem zmanjšanju negativnega vpliva na okolje vse večje.

Literatura:

- Gračner, M., 2005: *Pojavljanje klopov in njihov razvoj v Prekmurju (Lendavsko Dolinsko). Diplomsko naloga: univerzitetni študij. Univerza v Ljubljani. 77 str.*
- Hillyard, P. D., 1996: *Ticks of North-West Europe. Synopses of the British Fauna (New series). Shrewsbury: Field Studies Council. 178 str.*
- Parola, P., Raoult, D., 2001: *Ticks and tickborne bacterial diseases in humans: an emerging infectious threat. Clinical Infectious Diseases, 32: 897–928*
- Trilar, T., 2004: *Klopi (Acarina: Ixodidae) na pticah v Sloveniji. Acrocephalus, 123(25): 213-216.*
- Prosenč, K., 2001: *Gozdni klop (Ixodes ricinus) kot gostitelj rikecij v Sloveniji. Magistrsko delo. Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani. 75 str.*
- Sonenshine, D. E., 1993: *Biology of ticks, Volume 2. New York: Oxford University Press. 465 str.*

Slovarček:

Ovipozicija. Obdobje odlaganja jajčec.

Partenogeneza. Vrsta nespolnega razmnoževanja, pri katerem pride do razvoja zarodka iz jajčne celice brez oploditve. Tak način se pojavlja pri zelo različnih skupinah organizmov, kot so nižje rastline, nevretenčarji (na primer socialne žuželke, listne uši, ščipalci ...) in vretenčarji (na primer plazilci in ribe, zelo redko pa tudi ptiči). Pri sesalcih še ni dokumentiranega primera partenogeneze.



Maja Gračner se je rodila leta 1980 v Celju. Leta 2005 je na Oddelku za biologijo, sistemsko ekološka smer, na Biotehniški fakulteti v Ljubljani diplomirala iz ekologije klopov. Leta 2009 je na Biotehniški fakulteti doktorirala na temo bakterij v klopih.

Gregor Bernard – arhitekt, ki poje s pticami • Naravoslovna fotografija

Gregor Bernard - arhitekt, ki poje s pticami

Petra Draškovič

Nekega dne pride v moj elektronski poštni predal najava nove internetne strani.

»Spoštovani ljubitelji ptic in narave! Fotografija, narava in v zadnjem času ptice so tudi moja strast. Začel sem ustvarjati spletni dnevnik, s katerim želim predstaviti svojo pot v svet naravoslovne fotografije in izkušnje deliti z vsemi, ki vas narava zanima.

Vsem se zahvaljujem za morebitno sodelovanje.«

FREE BIRDS Spletni fotografski dnevnik, ki spremlja ptice v naravi. Podpisani avtor pa je Gregor Bernard. Priznam, da sem ostala brez besed. Nekaj časa meljem pri sebi, nato pa si ne morem pomagat in pač napišem