

Evolucija leta kukaca

Ćosić, Jakob

Undergraduate thesis / Završni rad

2011

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/um:nbn:hr:217:817109>

Rights / Prava: [In copyright/Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



**SVEU ILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO – MATEMATI KI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK**

EVOLUCIJA LETA KUKACA

EVOLUTION OF INSECT FLIGHT

SEMINARSKI RAD

Jakob osi

Preddiplomski studij biologije

Undergraduate Study in Biology

Mentor: prof. dr. sc. Biserka Primc-Habdić

Zagreb, 2011.

SADRŽAJ

1. UVOD	3
2. BIOLOGIJA KUKACA	4
3. EVOLUCIJSKA POVIJEST	6
3.1. Red Ephemeroptera – vodenčvjetovi	6
3.2. Red Palaeodictyoptera.....	7
3.3 Red Odonata - vretenca.....	7
3.4. Nadred Neoptera	9
3.4.1. Red Orthoptera - ravnokrilci	9
3.4.2. Red Hemiptera - polukrilci	10
3.4.3. Red Coleoptera - kornjaši	11
3.4.4. Red Diptera - dvokrilci	12
3.4.5. Red Hymenoptera - opnokrilci.....	13
3.4.6. Red Lepidoptera - leptiri	13
4. LITERATURA	15
5. SAŽETAK.....	16
6. SUMMARY	16

1. UVOD

Kukci su jedini beskralješnjaci i prvi organizmi koji su razvili sposobnost leta. Od pojave u ranom devonu prije 400 milijuna godina, kukci su postali važna komponenta gotovo svih kopnenih ekosustava. Let su razvili 90 do 170 milijuna godina prije kralježnjaka (Grimaldi i Engel, 2005). Mnogi obrasci ponašanja kukaca, poput bijega od predavara, rasprostiranja i reproduktivne strategije ovise o letu (Grimaldi i Engel, 2005). Velika sposobnost adaptacije omoguila im je veliku biološku raznolikost, tako da je sada poznato oko 1 milijun vrsta, a pretpostavlja se da bi ih moglo biti i do 10 milijuna (Grimaldi i Engel, 2005).

Podrazred Pterygota, koji obuhvaća leteće kukce, pripada razredu Insecta, potkoljenu Hexapoda, koljenu Arthropoda i carstvu Animalia. U sebi obuhvaća infrarazrede Paleoptera i Neoptera.

Kukci su kozmopolitski rasprostranjeni po cijelom planetu, osim na polovima i otvorenim morima. Utjecaj ovjeka na biološku raznolikost kukaca je uglavnom negativan, što je u 20. stoljeću, uz upotrebu insekticida dovelo do porasta broja ugroženih vrsta i do izumiranja nekih vrsta kukaca.

2. BIOLOGIJA KUKACA

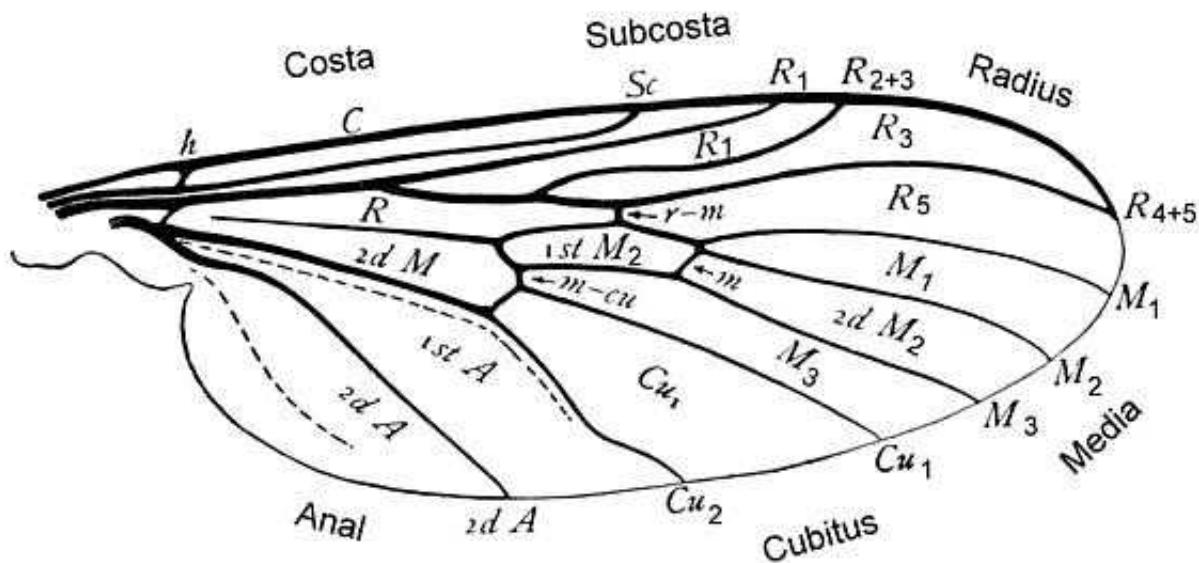
Kukci su beskralježnjaci koji pripadaju koljenu lankonožaca (Arthropoda). Prisutna je koluti ava gra a tijela kod koje je došlo do tagmatizacije na tri funkcionalne cjeline: glavu, koja nosi usta i senzori ke organe; prsa, na kojima se nalaze tri para nogu i jedan ili dva para krila te zadak u kojem se najve im dijelom nalaze unutarnji organi (Preuzeto i prilago eno prema Resh i Cardé, 2003).

Na glavi se nalaze donja usna, donja eljust, gornja eljust i gornja usna koje zajedno tvore usni aparat, jedan par ticala, jedan par složenih očiju te dva ili tri jednostavna oka. Prsa su građena od tri koluti a od kojih svaki nosi po jedan par uniramnih nogu, a drugi i treći ili kod dvokrilaca (Diptera) samo drugi koluti , krila, koja po postanku niti po građi nisu tjelesni privjesci. Zadak se sastoji od 11 do 12 koluti a koji uglavnom ne nose privjeske, osim predzadnjeg koji može imati cerce i zadnjeg koji nosi vanjske spolne organe (Preuzeto i prilago eno prema Resh i Cardé, 2003).

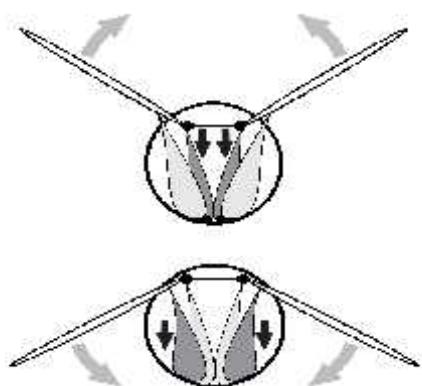
Prema načinu razmnožavanja, dijele se na kukce sa potpunom metamorfozom (Holometabola, Endopterygota), koji prolaze stadije ličinke, kukuljice i imaga i na kukce sa nepotpunom metamorfozom (Hemimetabola, Exopterygota), kod kojih je ličinka slijedi na odrasloj jedinci bez krila (Preuzeto i prilago eno prema Resh i Cardé, 2003).

Krila su kutikularne strukture koje se nalaze na drugom i trećem prsnom koluti. Rebrima, koja mogu sadržavati traheje i živce i koja služe kao potpora krilnoj membrani, su podijeljena na polja (sl.1). Uz rebra se kod Neoptera nalaze linije preklapanja, po kojima se krila preklope kada nisu u upotrebi. Postoje tri hipoteze o nastanku krila: iz pokretnih prsnih tergita, iz povećanih prsnih pleura koje su mogle služiti za hlađenje ili za jedrenje ili iz pokretnih uzdušnih škriga.

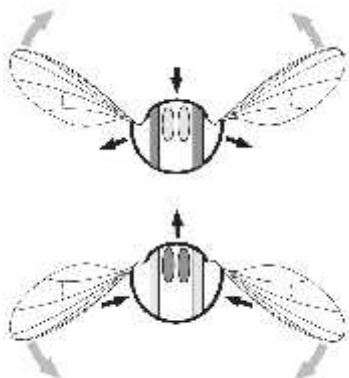
Prema fiziologiji leta kukce se može podijeliti na one sa direktnim letnim mišićima (Paleoptera) i one sa indirektnim letnim mišićima (Neoptera). Direktne letne mišići i izravno se vežu na krila te ih pomi u svojim kontrakcijama (sl. 2). Indirektne letne mišići i vežu se na tergite prsa koji se kontrakcijama dižu i spuštaju što pokreće krila (sl. 3) (Preuzeto i prilago eno prema Resh i Cardé, 2003).



Slika 1. Venacija krila. Oznake krilnih rebara: A – analna rebra, C – costa, Cu – cubitus, M – media, R – radius, Sc – subcosta, h – humeralno popre no rebro, m – mediano popre no rebro, m-cu – mediocubitalno popre no rebro, r-m – radiomediano popre no rebro
 (bugguide.net)



Slika 2. Direktni letni miši i
 (Prilagođeno prema Grimaldi i Engel, 2005)



Slika 3. Indirektni letni miši i
 (Grimaldi i Engel, 2005)

3. EVOLUCIJSKA POVIJEST

Danas je u svijetu poznato oko milijun vrsta kukaca od kojih sve odvedenije skupine, koje ine 99 % vrsta, imaju krila ili su ih sekundarno izgubile. Zbog velikog broja svojti, u ovom tekstu e biti obra ena evolucijska povijest tri reda infrarazreda Paleoptera (Ephemeroptera, Palaeodictyoptera i Odonata) i šest najve ih redova infrarazreda Neoptera (Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera i Orthoptera).

3.1. Red Ephemeroptera – vodencvjetovi

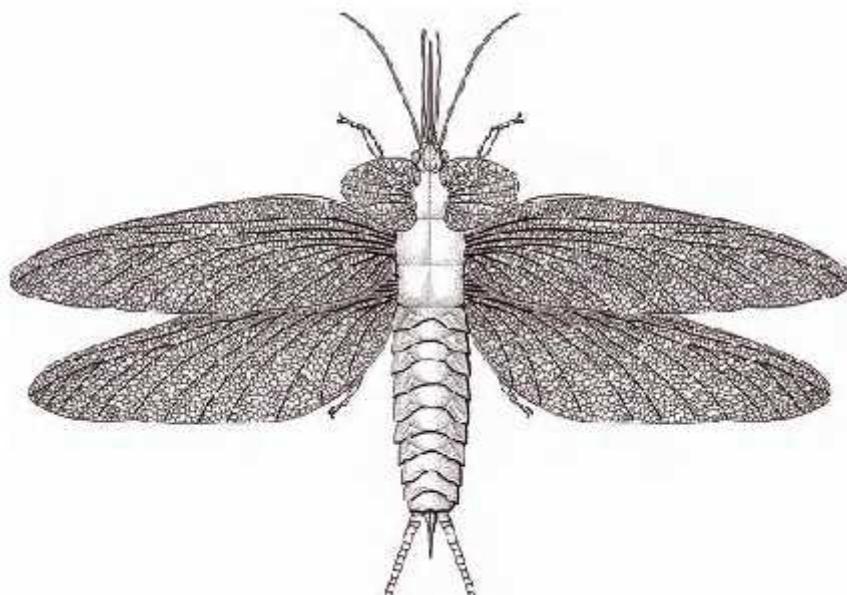
Vodencvjetovi su bazalna živu a linija svih krilatih kukaca. Jedini su red koji je zadržao primitivni kaudalni filament i presvla enje u stadiju imaga. Najstariji poznati vodencvjetovi potje u iz kasnog karbona ili ranog perma. Kila su im jako inervirana, te imaju rebrenu potporu koja je specifi na samo za njih. Stražnja krila, ako postoje, su manja od prednjih i imaju reducirano analnu regiju (sl. 4). Mehanizam leta je direktno iako su brzi leta i nisu osobito okretni i koordinirani u letu, što se objašnjava specifi nim životnim ciklusom te nepostojanjem odgovaraju eg evolucijskog pritiska (Preuzeto i prilago eno prema Grimaldi i Engel, 2005).



Slika 4. Fosilni vodencvjet iz porodice Baetidae s reduciranim stražnjim krilima
(Grimaldi i Engel, 2005)

3.2. Red Palaeodictyoptera

Palaeodictyoptera su jedina velika izumrla linija kukaca. U paleozoiku su inili 50 % svih lете ih kukaca. Pojavili su se u srednjem karbonu, a izumrli su krajem perma. Njihova specifi nost, kojom se razlikuju od svih ostalih linija, su izduženi tergiti protoraksa koji zajedno sa venacijom podsje aju na tre i par krila (sl. 5). Iako nisu bili pokretni, podupiru hipotezu o nastanku krila od prsnih tergita (Grimaldi i Engel, 2005).



Slika 5. *Stenodictya* sp., Dictyoneuridae, rani predstavnik Palaeodictyoptera sa izduženim tergitima protoraksa
(www.metafysica.nl)

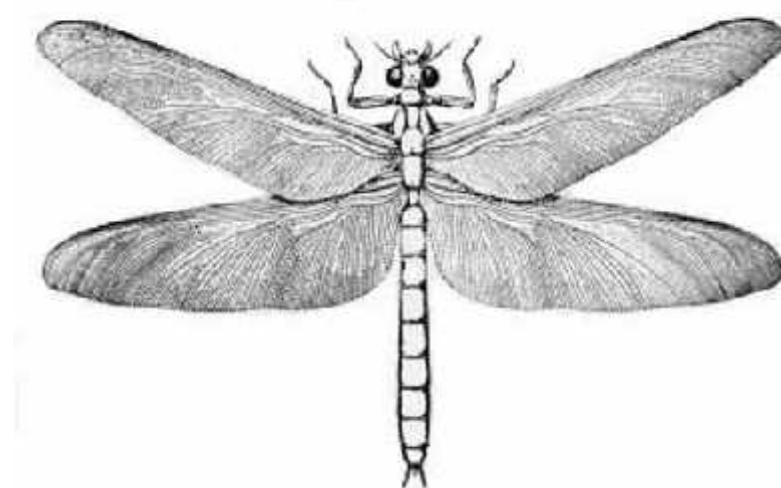
3.3 Red Odonata - vretenca

Vretenca su jedini danas živu i pripadnici nadreda Odonatoptera, i zajedno s Protodonata tvore Euodonata. Iz Protodonata dolazi najve i kukac u povijesti *Meganeuropsis permiana* Carpenter, 1939 (sl. 6), iji je gigantizam bio mogu zbog ve e koncentracije kisika u atmosferi tijekom paleozoika (Preuzeto i prilago eno prema Grimaldi i Engel, 2005).

Za njih je specifi no sraštavanje tergita koji uzglobaju krila, manja stražnja krila sa reduciranim analnom regijom, te sraštavanja, redukcije i pojave novih krilnih vena. Prisutna je i dobro razvijena pterostigma (sl. 7.) koja im omogu ava lakše jedrenje (Preuzeto i prilago eno

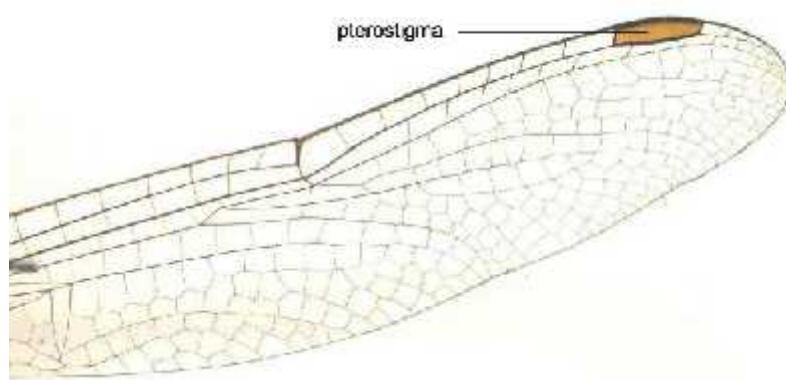
prema Grimaldi i Engel, 2005).

Dva infrareda Anisoptera i Zygoptera se najviše razlikuju po položaju krila tijekom mirovanja; Anisoptera krila drže okomito u odnosu na anteriorno – posteriornu os, a Zygoptera paralelno sa tijelom. Vretenca su najbrži i najokretniji lete i kukci koji, zahvaljujući i nezavisnosti prednjih i stražnjih krila, mogu brzo mijenjati smjer i brzinu leta. Takav napredan na in leta se razvio zato što su aktivni zračni predatori (Grimaldi i Engel, 2005).



Slika 6. *Meganeupsis permiana*, Meganeuridae

(www.newscientist.com)



Slika 7. Pterostigma recentnog vretenca

(gvcocks.homeip.net)

3.4. Nadred Neoptera

Pripadnici nadreda Neoptera su se pojavili u kasnom karbonu, i od tada su zauzeli sve kopnene i slatkovodne niše. Sposobnost preklapanja krila osigurala im je zaštitu krila kada nisu u upotrebi, a stadij li inke prostorno odvajanje niša. Neoptera se najviše dijele na tri velike linije: Polyneoptera, Paraneoptera i Holometabola.

3.4.1. Red Orthoptera - ravnokrilci

Ravnokrilci su sa oko 22 tisućama vrsta najveći red infrareda Polyneoptera. Pojavili su se po etkom kasnog karbona. Osnovno obilježje leta pripadnika tog infrareda je proširenje analne regije krila dodatkom brojnih novih vena (Grimaldi i Engel, 2005). Tijekom mirovanja ravna krila su im postavljena paralelno sa tijelom.

Tradicionalno se dijele na podredove Ensifera i Caelifera. Ensifera obuhvaća zrikavce i rovce, kojima su krila reducirana ili potpuno nedostaju (sl. 8) te služe samo za zaštitu zatka. Caelifera obuhvaća skakavce i paličnjake, od kojih su neki potpuno izgubili krila. Oni mogu letjeti, ali im je zbog premalih krila (sl. 9) u odnosu na tijelo let vrlo otežan, te u zraku mogu provesti samo nekoliko sekundi, tako da let koriste najviše za bijeg od predstora. Zbog toga se neki migratori skakavci kreću jedrenjem na zračnim strujama (Preuzeto i prilagođeno prema Grimaldi i Engel, 2005).



Slika 8. *Gryllotalpa gryllotalpa* (Linnaeus, 1758), Gryllotalpidae

(<http://www.biolib.cz/en/image/id725/>)



Slika 9. *Locusta migratoria* (Linnaeus, 1758), Acrididae
(www.agroatlas.ru)

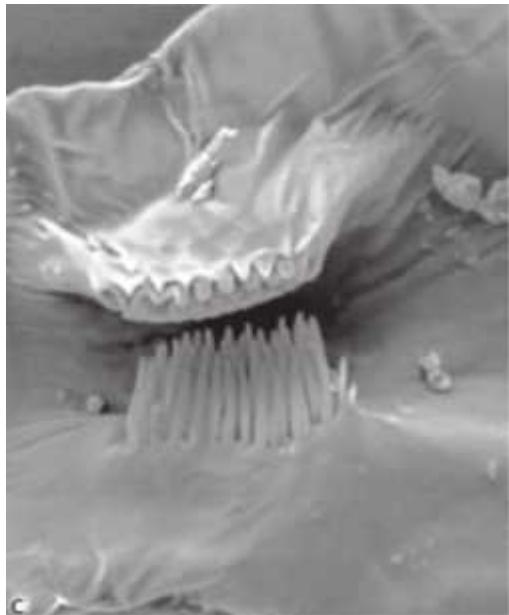
3.4.2. Red Hemiptera - polukrilci

Polukrilci su pripadnici infrareda Paraneoptera. Najveća su skupina kukaca sa nepotpunom preobrazbom. Bazalni polukrilci su se pojavili u permu, a sve današnje svojte u kasnom trijasu, za što se vjeruje da je povezano sa pojavom kritosjemenja a.

Dijele se na četiri podreda: Sternorrhyncha (biljne uši), Auchenorrhyncha (cvrčci), Coleorrhyncha i Heteroptera. Biljne uši su zbog parazitskog načina života uglavnom izgubile krila. Kod svih su prednji dijelovi prednjih krila otvrđnjeli, te su krila postala hemielitre (sl. 10). Kod nekih postoji i mehanizam za spajanje krila (sl. 11) što ih čini funkcionalno dvokrilnim (Preuzeto i prilagođeno prema Grimaldi i Engel, 2005).



Slika 10. Hemielitra i stražnje krilo
(salinella.bio.uottawa.ca)



Slika 11. Mehanizam za spajanje krila kod roda *Sinea*, Reduviidae
(Capinera, 2008)

3.4.3. Red Coleoptera - kornjaši

Kornjaši su sa oko 400 tisuća vrsta najveći red kukaca. Bazalne skupine kornjaša su se pojavile u ranom permu, a prvi kornjaši u trijasu te su vrhunac biološke raznolikosti imali u juri (Grimaldi i Engel, 2005). Određuju a značajka kornjaša su odeblijala prednja krila pretvorena u elitre koje služe za zaštitu stražnjih letnih krila i zatka (sl. 12). Kako elitre ne služe za let došlo je do redukcije mezotoraksa i gubitka letnih mišića u njemu.

Kornjaši se dijele na četiri podreda: bazalne Archostemata, te odvedenije Adephaga, Myxophaga i Polyphaga. Neke geografski izolirane vrste su izgubile sposobnost leta zbog redukcije krila ili sraštavanja elitri. Raspon krila je najčešće dva puta veći od duljine tijela što im omogućava precizan let. Unatoč tome, najčešće se kreću u kopnom, a lete samo pri bijegu od predatora ili traženju partnera (Preuzeto i prilagođeno prema Grimaldi i Engel, 2005).



Slika 12. Elitre i letna krila pripadnika porodice Coccinellidae
(www.ladybug-life-cycle.com)

3.4.4. Red Diptera - dvokrilci

Dvokrilci su ekološki najraznolikija skupina kukaca (Grimaldi i Engel, 2005). Najstariji dvokrilci potje u iz srednjeg trijasa, a skoro svi ostali podredovi pojavili su se do kraja trijasa. Za moderne predstavnike je specifi na redukcija stražnjeg para krila. Stražnja krila su preobražena u mahalice koje služe kao organ za ravnotežu (sl. 13) (Prilago eno prema Matoni kin i Erben, 2002). Pri letu rotiraju te tako stabiliziraju životinju (Grimaldi i Engel, 2005). To im omogu ava let na mjestu i bolju kontrolu leta. Kako za let koriste samo prednji par krila, mezotoraks je pove an, a tergiti protoraksa i metatoraksa smanjeni.

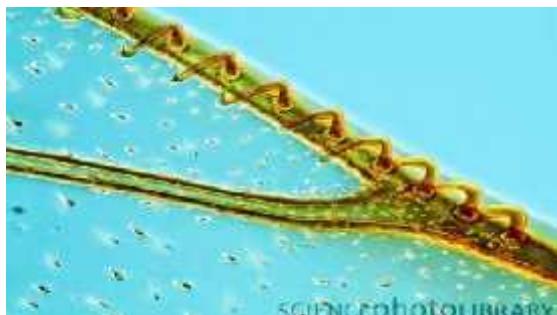


Slika 13. Mahalice dvokrilca
(www.physics.upenn.edu)

3.4.5. Red Hymenoptera - opnokrilci

Opnokrilci su etvrti najbrojniji red Neoptera, sa 125 tisuća vrsta. Najstariji opnokrilci potje u iz kasnog perma i ranog trijasa. U umjerenim krajevima predstavljaju najbrojniju skupinu kukaca sa više vrsta od kornjaša. Iako morfološki predstavljaju kombinaciju primitivnih osobina i osobina svojstvenih samo njima, njihov građevni plan je vrlo uspješan te je očuvan u svim njihovim svojstvima. Opnasta krila imaju specifičnu venaciju te na njima nema nikakvih dodataka. Relativno mala stražnja krila u letu su spojena sa većim prednjim krilima. Spojena su preko serije kukica (hamuli) na posteriornom kraju prednjih krila (sl. 14) koje ulaze u žlijeb na anteriornom kraju stražnjih krila. (Preuzeto i prilagođeno prema Grimaldi i Engel, 2005).

Dijele se u dva podreda: Symphyta koji predstavljaju najprimitivnije svoje opnokrilaca, i Apocrita u koji pripadaju ose, mravi i pčele. Neke vrste ili neki spolovi zadružnih Apocrita su potpuno izgubili krila zbog prilagodbe na podzemni način života (Preuzeto i prilagođeno prema Grimaldi i Engel, 2005).



Slika 14. Hamuli pčele *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, Apidae

(www.sciencephoto.com)

3.4.6. Red Lepidoptera - leptiri

Leptiri su sa 174 tisuća vrsta drugi najveći red Neoptera te tvore najveću skupinu herbivornih organizama. Najstariji leptiri potječu iz jure, a vrhunac biološke raznolikosti su postigli krajem krede i početkom tercijara što se povezuje sa razvojem kritosjemenja (Grimaldi i Engel, 2005).

Leptiri imaju više od dvadeset osobina koje su svojstvene samo njima od kojih su najvažnije usni aparat preobražen u rilo i ljske na krilima i tijelu (sl.15). Ljske su modificirane dlake i zaslužne su za veliku raznolikost obojanosti jedinki (Resh i Cardé, 2003). Krila većine moljaca (Tineoidea) i pravih leptira (Papilionoidea) su u usporedbi sa tijelom velika i lagana, što im omogućava energetski učinkovit let uz minimalno zamahivanje krilima. Manji broj vrsta ima

reducirana krila ili su ih potpuno izgubili. Tako er postoji mehanizam za spajanje krila djelomi nim preklapanjem krila, što leptire ini funkcionalno dvokrilnima (Preuzeto i prilago eno prema Grimaldi i Engel, 2005).



Slika 15. Ljuska vrste *Agathiphaga vitiensis* Dumbleton, 1952, Agathiphagidae
(www.nhm.ac.uk)

4. LITERATURA

- Capinera, J.L. (2008): Encyclopedia of Entomology, 2nd Edition. Springer Science+Business Media
B.V., Heidelberg, str. 4268
- Cardé, R.T., Resh, V.H. (2003): Encyclopedia of Insects. Academic Press, San Diego, str. 12-26,
209-225, 324-329
- Grimaldi, D., Engel, M.S. (2005): Evolution of the Insects. Cambridge University Press, New York,
str. 155-548
- Matoni kin I., Erben R. (2002): Op a Zoologija. Školska knjiga Zagreb, Zagreb, str. 149
<http://bugguide.net/node/view/225974>
- http://gvcocks.homeip.net/Odonata/features/figure_07.htm
- http://salinella.bio.uottawa.ca/bio3323/Labs/defaultPrint.php?labs_Exte_wingTypes.htm
- http://www.agroatlas.ru/en/content/pests/Locusta_migratoria/
- <http://www.biolib.cz/en/image/id725/>
- http://www.ladybug-life-cycle.com/graphics/ladybug_hidden_wings.jpg
- http://www.metafysica.nl/wings/wings_6.html
- http://www.nhm.ac.uk/resources-rx/images/agathiphaga-vitiensis-06_81065_1.jpg
- <http://www.physics.upenn.edu/courses/gladney/phys590/textbook/ch09/ch09.html>
- <http://www.sciencephoto.com/media/100844/view>

5. SAŽETAK

Kukci su evolucijski stara, a po broju vrsta najveća skupina životinja s vrlo velikim utjecajem na ekosustave i čovjeka. Jedini su beskralježnjaci koji su razvili sposobnost leta što im je, uz neke druge specifične prilagodbe, omogućilo da postanu najuspješnija skupina životinja. Tvore većinu faune u svim staništima, osim otvorenih mora i polarnih krajeva.

U ovom radu je dan kratak pregled evolucijske povijesti najveće skupine letećih kukaca, uz naglasak na njihov let i evolucijske prilagodbe vezane uz njega.

6. SUMMARY

Insects are an evolutionary very old animal group with more species than any other. They have a major effect on ecosystems and respectively on humans. Also they are the only invertebrates that have developed the ability to fly, which besides other specific adaptations has allowed them to become the most successful animal group. They form the majority in fauna of all habitats, except in polar circles and open seas.

This article presents short review of evolutionary history of the largest groups of flying insects, with emphasis on their ability to fly and adaptations related to it.