

VRETENCA URBANIH STANIŠTA

Ivanković, Vida

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:434665>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-11**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Vida Ivanković

VRETENCA URBANIH STANIŠTA

Završni rad

Zagreb, 2024.

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Vida Ivanković

ODONATA IN URBAN HABITATS

Bachelor thesis

Zagreb, 2024.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Završni rad

Vretenca urbanih staništa

Vida Ivanković

Roosveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Uz više od polovine svjetske populacije koja obitava u urbanim područjima, urbani krajolici i ekosustavi postaju sveprisutni. Proces širenja gradova se naziva urbanizacija i značajno izmjenjuje krajolike i ekosustave, stvarajući novo okruženje koje zamjenjuje prirodna staništa. Vretenca (Odonata) su skupina kukaca s dvojnim životnim ciklusom kojeg dio provode u vodi a dio na tlu. Njihov životni ciklus koji uključuje vodene i kopnene faze čini ih pouzdanim bioindikatorima, omogućujući proučavanje stanja staništa s obzirom na prisutnost i raznolikost tih organizama. Analiza prisutnosti i raznolikosti vretenaca omogućuje dublje razumijevanje utjecaja urbanizacije na ekosustave te pruža važne informacije za održivo upravljanje urbanim okolišima.

Ključne riječi: vretenca, urbanizacija, urbani ekosustavi,
(24 stranice, 3 slike, 46 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Mentor: Prof. dr. sc. Zlatko Mihaljević

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of science
Department of Biology

Bachelor thesis

Odonata in urban habitats

Vida Ivanković

Roosveltov trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

With more than half of the world's population living in urban areas, urbanisation is increasingly transforming natural landscapes into completely different environments. The process of urban growth is called urbanisation, and has a significant impact on natural landscapes transforming them into completely different environments. Odonata are an order of insects with a dual life cycle, half of which they spend in water and half on land. This unique life cycle makes them reliable bioindicators, that allow an assessment of habitat conditions based on their presence and diversity. By studying the abundance and diversity of dragonflies, researchers can gain valuable insights into the impact of urbanization on ecosystems. This analysis not only deepens our understanding of these impacts, but also provides crucial information for the sustainable management of the urban environment.

Key words: Odonata, urbanisation, urban ecosystems

(24 pages, 3 figures, 46 references, original in: Croatian language)

Mentor: Prof. dr. sc. Zlatko Mihaljević

1. Uvod	1
2. Biologija i ekologija vretenaca	1
2.1. <u>Životni ciklus</u>	3
2.2. <u>Fiziologija i prilagodbe na predatorski način života</u>	3
2.3. <u>Razmnožavanje</u>	4
3. Urbana područja	5
3.1. <u>Urbanizacija u Hrvatskoj</u>	6
4. Bioraznolikost u urbanim ekosustavima	7
5. Obilježja urbanih ekosustava	9
5.1. <u>Vodna tijela i fragmentacija staništa</u>	9
5.2. <u>Vegetacija u urbanim područjima</u>	10
5.3. <u>Toplinski otok</u>	13
6. Vretenca u gradovima	14
6.1. <u>Funkcije u ekosustavu</u>	14
6.2. <u>Urbane populacije vretenaca</u>	14
6.3. <u>Utjecaj fragmentacije na populacije vretenaca</u>	15
6.4. <u>Odnos vegetacije i populacije vretenaca</u>	16
6.5. <u>Odnos s vodom u urbanom području</u>	16
7. Zaključak	17
8. Literatura	19

1. Uvod

Vretenca (Odonata) su jedinstvena skupina člankonožaca iz razreda Insecta. Kozmopolitska su skupina kukaca s kompleksnim životnim ciklusom i nepotpunom preobrazbom. U životnom ciklusu razlikuju se dva distinktivna oblika: ličinka koja živi u vodi i odraslo vretence koje ima sposobnost letenja te živi na kopnu. Vretenca su, zbog svog dvojnog životnog ciklusa, osobito osjetljiva na promjene u okolišu i izvrsni su pokazatelji zdravlja vodenih ekosustava (Vilenica i sur., 2022). Urbana područja ili gradovi su teritorijalne, relativno samostalne mnogofunkcionalne zajednice koje su se razvile dugotrajnim društvenim procesima u određenom prostoru kako bi zadovoljile različite potrebe pojedinaca i društva u cjelini (Bjelajac, 1993). Urbanizacijom se značajno mijenjaju površinske kopnene vode, koja su staništa vretenaca, čime se ugrožavaju njihove populacije. Stoga je važno istražiti utjecaj urbanizacije na populacije vretenaca te je li moguće imati zdrave i stabilne populacije vretenaca unutar urbanih područja.

2. Biologija i ekologija vretenaca

Vretenca imaju dugu povijest na Zemlji. Prvi fosilni nalazi datiraju iz doba Karbona prije otprilike 300 milijuna godina (Askew, 2021). Tada su vretenca bila znatno veća od današnjih vrsta zahvaljujući visokoj koncentraciji kisika u zraku, dosežući raspon krila od čak 70 cm. S promjenama klimatskih uvjeta na Zemlji, vretenca su evoluirala u vrste koje danas poznajemo.

Prema posljednjim saznanjima, na Zemlji obitava oko 6000 različitih vrsta vretenaca, koje se dijele u dva podreda: Zygoptera (tankostruka vretenca) i Anisoptera (debelostruka vretenca) (Franković i Bogdanović, 2009). U Hrvatskoj je službeno potvrđeno postojanje 74 vrsta reda Odonata (Belančić i sur., 2008), no zbog klimatskih promjena i degradacije njihovih staništa, ta se brojka smanjuje.



Slika 1: Anisoptera ili debelostruko vretence, *Aeshna cyanea* (Muller 1764)
(foto: Hana Jurković)



Slika 2: Zygoptera ili tankostruko vretence, *Lestes parvidens* (Artobolevsky 1929)
(foto: Hana Jurković)

2.1. Životni ciklus

Vretenca imaju životni ciklus u dvije faze, koji započinje kao akvatička ličinka. Ličinke su prilagođena životu u vodenom okruženju. Njihovo tijelo je obično vitko i dužine od nekoliko milimetara do nekoliko centimetara, ovisno o vrsti (Tillyard, 1917). Općenito, ličinke vretenaca su izvanredni predatori a njihov način života je prilagođen lovu i preživljavanju u vodenom okruženju. Naseljavaju pijesak, mulj ili biljne strukture uz rubove vodnih tijela, gdje vrebaju plijen. Hrane se različitim organizmima poput praživotinja, maločetinaša, puževa, kopepodnih račića, punoglavaca, pa i ribljom mladi (Franković i Bogdanović, 2009). Kretanje ostvaruju s pomoću zadnjih nastavaka (Zygoptera) ili pak naglim izbačajem vode iz zatka (Anisoptera). Izvrsni su predatori zahvaljujući jedinstvenom usnom aparatu poznatom i kao lovna krinka.

Cijeli ličinački stadij traje od nekoliko mjeseci do nekoliko godina tijekom kojeg se presvlače između 9 i 16 puta. Nakon posljednjeg presvlačenja započinje složen fiziološki proces preobrazbe u odraslu jedinku koje najčešće žive tek nekoliko mjeseci.

Emergencija ličinki iz vode i preobrazba u odrasle jedinke predstavljaju ključne trenutke u životnom ciklusu vretenaca. Kada dođe vrijeme za preobrazbu, ličinke se penju na vodene biljke ili se izvlače na površinu vode. Tamo se događa složeni proces transformacije tijela raskidanjem vanjske ljuske ličinke (exuviae) i prodiranje zraka u tijelo kako bi se krila proširila i osušila. Nakon emergencije, odrasle jedinke provode neko vrijeme na površini vode ili oko nje dok potpuno ne razviju funkcionalna krila i sposobnost leta.

2.2. Fiziologija i prilagodbe na predatorski način života

Odrasle jedinke su također vrsni predatori za što imaju više prilagodbi. Kao i ličinke, dobar dio svog vremena provode hraneći se, s iznimkom neposredno prije parenja kada više vremena posvećuju pronalaženju partnera. Generalizirani su predatori koji love sve što im može stati u čeljusti što za Anisoptera uključuje kukce iz redova Diptera, Lepidoptera, Hymenoptera i manje pripadnike svog roda Odonata (Zygoptera) (Askew, 2021).

Prva od prilagodbi na predatorstvo je to što su izvrsni letači. Odrasle jedinke Odonata imaju četiri krila koja mogu pomicati neovisno jedna o drugima što im omogućava let u svim različitim smjerovima. Struktura krila vretenaca obuhvaća ključne elemente poput vena, membrana, stigma i nodusa, koji zajedno doprinose aerodinamičnim svojstvima i performansama leta.

Druga korisna prilagodba su njihove složene oči koje im omogućuju iznimnu preciznost u lovu. Neke vrste, kao primjerice rod *Sympetrum*, imaju vrlo jasno podijeljene dorzalne i ventralne strane očiju što im omogućuje bolje razlikovanje plijena ovisno o tome gledaju li u nebo, ili u vodu. Naime, gornji dio oka osjetljiv je isključivo na kratke valne duljine (ispod 520 nm). Sadrži uglavnom plave receptore s maksimalnom osjetljivošću na 420 nm i manju količinu UV-receptora. Navedeno im povećava osjetljivost očiju i omogućuje bolji kontrast, koji im je prijeko potreban za uočavanje malog plijena na velikim udaljenostima (Labhart, Nilsson, 1995).

Treća korisna adaptacija su njihove čeljusti po kojima je skupina i dobila ime. Ime skupine Odonata dolazi od grčkih riječi odontos što znači zub i gnathos što znači čeljust, zbog svojih distinktnih nazubljenih čeljusti (Mickel, 1934) Mandibula vretenaca ima zanimljivu strukturu s dvije zglobove točke, oblikom slova "z" na rubu i nekoliko grebena koji se mogu podijeliti na "prave" i "lažne" grebene. Analiza oblika pokazuje da razlike uglavnom proizlaze iz oblika zglobova i grebena. Neki od tih grebena su karakteristični za određene vrste vretenaca (Blanke i sur., 2017).

2.3. Razmnožavanje

Mlade jedinke nisu odmah spolno zrele nakon emergencije iz vode. Za potpuno spolno sazrijevanje im je potrebno od 2 do 45 dana ovisno o temperaturi okoliša. i za to vrijeme se najčešće odmiču od mjesta emergencije. Nakon postizanja spolne zrelosti vraćaju se na to mjesto za parenje (Franković i Bogdanović, 2009). Kada se jedinke pare, mužjak će ženku uhvatiti u letu na karakterističan način koristeći svoje analne nastavke, a zatim osigurati opskrbu spermom. Karakterističan položaj vretenaca tijekom parenja je u obliku srca i nastaje tako što mužjak svojim analnim nastavcima uhvati ženku za prvi ili drugi kolutić, dok ženka svoje spolne organe stavi na sekundarne spolne organe mužjaka koji se nalaze na

drugom zadčanom kolutiću. Nakon parenja, mužjak će pratiti ženku do mjesta gdje će položiti jaja, pružajući podršku tijekom tog ključnog procesa. Ova faza može trajati od nekoliko sekundi do nekoliko sati, ovisno o vrsti vretenca.

3. Urbana područja

Iako ljudska naselja datiraju tisućama godina unatrag, pojam grada kakav danas poznajemo počinje se oblikovati tek od industrijske revolucije. No, danas univerzalne definicije za gradove nema te to ovisi od države do države i njihovih kriterija za proglašavanje grada (Alirol i sur., 2011). Ti kriteriji mogu biti minimalni populacijski pragovi, gustoća stanovništva na nekom području, razvoj infrastrukture i vrstu zaposlenja ili samo povijesni značaj nekih naselja (Our World in Data, Urbanization, 2019). Prema procjenama UN-a od 2007. godine, više od pola svjetskog stanovništva (oko 4 milijarde ljudi) živi u gradovima. To je prvi puta da više ljudi živi u urbanim nego u ruralnim područjima i ta se razlika samo povećava. No, valja naglasiti veliku razlikom između ekonomski razvijenih i slabije razvijenih država (Starić, 2020). U zemljama s visokim BDP-om kao što su Australija, Japan zemlje Bliskog istoka, sjeverne Amerike i zapadne Europe više od 80 % stanovništva živi u urbanim područjima, dok u državama globalnog juga s niskim BDP-om većina stanovništva još uvijek živi u ruralnim sredinama. Do 2050. godine, predviđa se da će dvije trećine svjetskog stanovništva živjeti u urbanim područjima (Our World in Data, Urbanization, 2019). Za ove procjene su korišteni popisi stanovništva te državni podatci o broju stanovnika na područjima koja se vode kao urbana, no zbog nekonzistentnosti u kriterijima kategorizacije podatci jako variraju među državama. Kako bi se smanjile nekonzistentnosti, Europska komisija je napravila univerzalnu definiciju naselja:

- Urbana središta (gradovi) moraju imati minimalno 50.000 stanovnika uz gustoću naseljenosti od barem 1500 stanovnika po četvornom kilometru (km²) ili gustoću izgrađenog područja veću od 50 %
- Urbani skupovi (gradovi i prigradska naselja): moraju imati minimalno 5.000 stanovnika uz gustoću naseljenosti od barem 300 stanovnika po četvornom kilometru (km²)
- Ruralna područja su ona s manje od 5.000 stanovnika

Dok ovi kriteriji funkcioniraju na području Europe treba primijetiti kako u ostalim dijelovima svijeta nisu jednako primjenjivi jer podaci mogu dati izgled veće urbanizacije nego što je ona uistinu zbog niskog praga gustoće naseljenosti koja se koristi kao kriterij.

Urbanizacija označava proces rasta i razvoja urbanih područja, uključujući stvaranje novih gradskih naselja, proširenje postojećih gradova te migraciju ruralnog stanovništva u urbana područja. Taj proces obuhvaća razne društvene, ekonomske i prostorne transformacije tijekom vremena. Urbanizacija se može shvatiti kao opći proces, ali konkretne posljedice koje su opažene na terenu uvijek su specifične jer proizlaze iz različitih determinacija, kao što su postojeći urbani materijal, socio-prostorne strukture i teritorijalne regulacije. Ovi koncepti izražavaju i definiraju posebne trenutke općeg procesa urbanizacije (Schmid i sur., 2018). Kada pričamo o urbanizaciji možemo je razdijeliti na dvije pojave - fizičko širenje gradova u prostoru i sve izraženije antropogene izmjene krajolika oko gradova i funkcionalnu urbanizaciju. To podrazumijeva ne samo korištenje zemljišta za urbani razvoj nego i djelatnosti i način života ljudi na tom području koji ih razlikuje od ruralnih područja (Watson, 1993). Današnji proces urbanizacije obuhvaća ne samo stvaranje i razvoj gradova, već i različite procese promjene i razvoja ruralnih područja koji smanjuju razlike između urbanih i ruralnih područja (Starić, 2020).

Važno je istaknuti da urbanizacija nije homogeni proces te da se razlikuje među različitim regijama i zemljama. Različiti faktori poput ekonomskog razvoja, političke stabilnosti i demografskih promjena mogu utjecati na brzinu i vrstu urbanizacije na određenom mjestu.

3.1. Urbanizacija u Hrvatskoj

Urbanizacija u Hrvatskoj ima dugu povijest, datirajući još iz antičkog doba s prvim grčkim kolonijama na otocima i obali te proširenjem rimskih gradova u unutrašnjosti. Međutim, Hrvatska je ostala manje urbanizirana u usporedbi s drugim europskim zemljama zbog sporijeg razvoja industrije i dugotrajnog ruralnog karaktera. Također vrijedi spomenuti rastući trend emigracije kao jedan od razloga smanjene stope urbanizacije naspram država zapadne Europe. Hrvatska je jedna od rijetkih zemalja Europske unije koja bilježi istovremeno prirodni pad populacije i negativne trendove migracije. Prema posljednjem

popisu stanovnika u svim županijama smanjio se broj stanovnika. Vrhunac iseljavanja se dogodio 2017. godine kada je državu napustilo 47,352 stanovnika (Stojanić, 2022). Danas, urbani sustav Hrvatske karakterizira asimetrična hijerarhija, s gradovima kao nositeljima razvoja na svim razinama. Urbanizacija je dramatično promijenila prostornu strukturu zemlje s većim brojem ljudi koji se sele u gradska područja, dok se ruralna naselja suočavaju s depopulacijom. Ova polarizacija u razvoju postavlja izazove i mogućnosti za budući urbanistički razvoj zemlje.

4. Bioraznolikost u urbanim ekosustavima

Bioraznolikost obuhvaća vrste, genetsku i ekosustavnu raznolikost u određenom području, ponekad uključujući povezane abiotske komponente poput značajki krajolika, drenažnih sustava i klime, kao i indekse raznolikosti koji opisuju različite komponente bioraznolikosti, poput bogatstva vrsta (alfa raznolikost), beta i gama raznolikosti, endemizma te bogatstva viših taksona (Swingland, 2001).

Whittaker (1972) je uveo koncepte alfa, beta i gama raznolikosti. Alfa raznolikost je raznolikost vrsta za pojedina mjesta. Koncepti beta i gama raznolikosti odnose se na promjene u raznolikosti između lokacija na lokalnoj (beta) i geografskoj (gama) razini. Bitan dio tih relacijskih koncepata je ideja zamjene vrsta - stupanj kojim se vrste zamjenjuju drugim vrstama na različitim lokacijama.

Bioraznolikost je iznimno bitan pokazatelj zdravlja ekosustava te je značajno izmijenjena u gradovima i urbaniziranim područjima, Stoga se u novije vrijeme javlja pojam urbana bioraznolikost kao predmet istraživanja. Urbana područja nemaju jasne granice, već se mozaično stapaju s okolnim prirodnim prostorom te tako tvore urbano - ruralni gradijent u kojemu je bioraznolikost također gradirana (Jakopović, 2020).

Kada govorimo o urbanim ekosustavima pričamo o dva povezana koncepta: cijeli grad kojeg promatramo kao ekosustav i ekosustavi zelenih i vodenih površina unutar tog grada (Rebele, 1994). Te površine mogu uključivati ulično drveće, travnjake i parkove, urbane šume, kultivirane površine, močvarna područja, jezera i more te tekućice (Bolund i Hunhammar, 1999).

Većina istraživanja je suglasna u tome da urbana područja imaju značajno manju bioraznolikost od ruralnih i divljih krajobrazza. Smanjena je sveukupna raznolikost vrsta i genetička raznolikost, no rezultati jako variraju ovisno o taksonomskoj skupini koja se promatra (Faeth i sur., 2011). Tako je na primjer, otkriveno kako je gustoća populacije ježeva (*Erinaceus europeus*) bila devet puta veća (36 ježeva na km² naspram 4 ježa na km²) u urbanom području nego u ruralnom području (Hubert i sur., 2011). Najčešće urbana područja pogoduju pticama i sisavcima te se smatra da obilje hrane i vode te manjak velikih predatora pogoduje tim skupinama (Hubert i sur., 2011). No dok populacije ježeva i ptica možda izvrsno uspijevaju u gradovima, raznolikost vrsta je značajno manja nego u ruralnim i prirodnim područjima (Fahet i sur., 2011). Uzroci ovome su raznoliki te jako ovise o vrstama koje promatramo a jedan od glavnih je to što su gradovi iznimno fragmentirana staništa sa zelenim površinama koje su najčešće rijetko i nejednoliko raspoređene kroz prostor. Ovo za rezultat ima istiskivanje vrsta s uskim ekološkim nišama te vrsta koje su jako teritorijalne i zahtijevaju veliki životni prostor. Za beskralježnjake je također utvrđena manja bioraznolikost u urbanim područjima, kao i snažna negativna linearna povezanost između nepropusne površine i raznolikosti beskralježnjaka. Urbanizirane lokacije s višom nepropusnošću imaju nižu raznolikost (Moore i Palmer, 2005). Valja napomenuti da je većina istraživanja o urbanoj bioraznolikosti fokusirana na kopnene ekosustave (Faethi sur., 2011). Kako su vretenca semi-akvatične životinje usko vezane uz vodu bitno je proučiti i akvatičke ekosustave u urbanim područjima i njihovu bioraznolikost.

Gubitak staništa je jedan od glavnih uzroka gubitka bioraznolikosti slatkovodnih vrsta, pogotovo onih u tekućicama koje protječu kroz naseljena područja. Potoci su iznimno osjetljivi na promjene u okolišu jer su to niske točke u topografiji koje sakupljaju toplinu, sedimente i otjecanje površinskih voda. Rastuća ljudska populacija, kao i razvoj infrastrukture u urbaniziranim područjima, prijete ekosustavima potoka izazivajući hidromorfološke promjene (kanaliziranje potoka), onečišćenje i unošenje stranih invazivnih vrsta (Wiederkehr i sur., 2020). Ove prijetnje imaju izrazito visok utjecaj na autohtone vrste putem smanjenja dostupnih stanišnih niša i visokih opterećenja hranjivim tvarima, što rezultira gubitkom vrsta. Međusobna povezanost vodenih putova može pogoršati takve učinke ili ih prenijeti na okolna područja unutar istog hidrološkog bazena. Predviđa se da će 90 % urbanog rasta stanovništva u sljedećih 30 godina zahvatiti Aziju i Afriku, uključujući neke od najvažnijih točaka biološke raznolikosti i endemizma u tropskim područjima (United Nations, 2018). Ovaj efekt je manje naglašen u umjerenim područjima zbog manje stope

endemizma i manje početne raznolikosti vrsta. Netaknuti ekosustavi tekućica pružaju brojne koristi poput regulacijskih (npr. kontrola poplava), opskrbe (npr. pitka voda), podrške (npr. stanište) i kulturnih (npr. rekreacija).

5. Obilježja urbanih ekosustava

Vretenca imaju kompleksan životni ciklus što ih čini izvrsnim bioindikatorima. Da bi populacije vretenaca bile uspješne i stabilne na nekom staništu, potrebno im je nekoliko različitih čimbenika i uvjeta.

5.1. Vodena tijela i fragmentacija staništa

Fragmentacija staništa predstavlja proces podjele jednog cjelovitog staništa na dva ili više odvojenih dijelova, što može utjecati na kontinuitet, kvalitetu i održivost staništa za različite vrste. Osim toga, važno je razlikovati gubitak staništa od same fragmentacije, jer oba imaju različite posljedice na bioraznolikost i očuvanje ekosustava (Franklin i sur., 2002).

Promjene poput izgradnje cesta i građevina, stvaraju barijere koje ometaju kretanje organizama između preostalih dijelova staništa, što rezultira fragmentacijom populacija (Primack, 2006). Posebno je zabrinjavajuća fragmentacija vodnih tijela u urbanim sredinama. S obzirom na to da više od pola svog životnog ciklusa provode u vodi, cjelogodišnja dostupnost vodnih tijela je osnovan uvjet koji treba biti zadovoljen kako bi se vretenca uopće mogla nastaniti na nekom području. Vretenca nastanjuju i tekućice i stajaćice te ovisno o vrstama emergiraju od svibnja do rujna. Urbana vodna tijela, povijesno smještena u blizini gradskih središta zbog svojih ekoloških koristi poput pružanja pitke vode, hrane te podrške za električnu energiju i transport, postaju sve važnija komponenta gradskih ekosustava. Veličina, oblik i povezanost tih vodnih tijela (jezera, ribnjaka i močvara) mogu imati važne učinke na zajednice i ekosustavne procese. Urbanim područjima često dominiraju mala jezera, nastala iskopavanjem građevinskog materijala, dok gradske fontane pružaju zanimljivu kombinaciju lotičkih i lentičkih sustava te služe kao stanište raznolikih organizama koji se prilagođavaju nestabilnim uvjetima (Kresonja, 2018). Za gradove koji se nalaze blizu tekućica plavne plohe značajno utječu na strukturu vodenih tijela. Naime iako su

plavne plohe važne za održavanje stabilnosti vodnih sustava i zaštitu od poplave, ograničavaju količinu vegetacije koja može rasti na njihovom području. No, na površinama koje su pod antropogenim utjecajem branom odvojene od plavnih ploha raznolikost vegetacije je na tim područjima viša (Vilenica i sur. 2024). Intenzivna promjena vodnih tijela tijekom urbanog razvoja, uključujući izgradnju, odvodnju i preoblikovanje, može odrediti određene morfometrijske karakteristike i utjecati na vrste vodnih tijela prisutnih u gradovima (Steele i Heffernan, 2014). Prema raspoloživim podacima, veličina urbanih vodnih tijela teži prema većim veličinama, dok se broj vodenih tijela koja su povezana s površinskim tokovima, poput potoka i rijeka, smanjuje s intenzitetom urbanizacije. Na primjer, u visoko urbaniziranim područjima, prosječna povezanost vodnih tijela s površinskim tokovima je smanjena za više od 60 % u usporedbi s ruralnim područjima (Steele, Heffernan, 2014). Ovo ukazuje na to da urbanizacija ima značajan utjecaj na morfologiju i povezanost vodnih tijela, što može imati posljedice na ekološke i biogeokemijske procese u tim područjima. Na primjer, smanjenje broja vodnih tijela povezanih s površinskim tokovima može utjecati na cirkulaciju i kvalitetu vode u urbanim područjima. Urbanizacija je dovela do degradacije ovih vodnih tijela, smanjujući njihovu raznolikost flore i faune. Stoga, razumijevanje utjecaja fragmentacije staništa na vodene organizme, uključujući i vretenca, ključno je za razvoj učinkovitih strategija očuvanja u urbanim područjima. Potrebno je provesti daljnja istraživanja koja će omogućiti bolje razumijevanje kako se fragmentacija vodnih tijela odražava na genetsku strukturu populacija vodenih organizama te kako se ti organizmi prilagođavaju urbanom okolišu. Očuvanje i obnova prirodnih vodenih staništa u gradovima mogli bi igrati ključnu ulogu u očuvanju biološke raznolikosti i dugoročnoj održivosti urbanih ekosustava.

5.2. Vegetacija u urbanim područjima

Osim prisutnosti vode i povoljnih vremenskih uvjeta, za staništa vretenca je iznimno bitna vegetacija. Ona je važna iz nekolicine razloga - prvi i možda najvažniji razlog je za emergenciju. Kada ličinke izlaze iz vode i prolaze svoje posljednje presvlačenje u imago penju se na vlati trave i vegetaciju uz vodu. Nakon presvlačenja se suše neko vrijeme prije nego što napokon mogu odletjeti. Vegetacija im je također bitna za polaganje jaja koja polažu u vodi, uz biljke (Belančić i sur., 2008).

Kako smo utvrdili da više od pola svjetskog stanovništva živi u gradovima, većini ljudi je vegetacija unutar tih gradova najčešći ekosustav s kojim se susreću. Zelenilo u urbanim područjima ima izuzetno važnu ulogu u poboljšanju kvalitete života stanovnika grada te u očuvanju okoliša. Studije pokazuju da prisutnost zelenila u urbanim sredinama pruža brojne koristi, uključujući regulaciju klime, podršku bioraznolikosti, poboljšanje kvalitete zraka te upravljanje oborinskim vodama (Bačić, Leder, 2021). Zelene površine u gradovima stoga imaju jako važnu ulogu u životima i ljudi i životinja tog područja te svrhe kojima služe nazivamo uslugama urbanih ekosustava (Richards i Belcher, 2019).

S obzirom na brzo širenje gradova (Bagan i Yamagata, 2014) i sve većim priljevom ljudi u njih, važno je urbanim planiranjem zaštititi zelene površine kako što većom gradnjom ne bi potpuno nestale. U rastu urbanih područja Richards i Belcher (2019) definiraju četiri različita puta razvoja u odnosu na zelene površine unutar urbanih područja (Slika 3):

1. Urbana područja koja opadaju u pokrivenosti s vegetacijom dok istovremeno šire svoju površinu - sivo širenje
2. Urbana područja koja opadaju u pokrivenosti vegetacijom dok površinom ostaju ista ili se smanjuju - siva kondenzacija
3. Urbana područja koja povećavaju svoju pokrivenost vegetacijom dok se istovremeno šire površinom - zeleno širenje
4. Urbana područja koja povećavaju pokrivenost vegetacijom dok površinom ostaju ista ili se smanjuju - zelena kondenzacija



Slika 3: Ilustracija sivog i zelenog širenja te sive i zelene kondenzacije

Unutar navedenih vrsta urbanog razvoja sivo širenje je najdestruktivnije za okoliš jer ga često uzrokuju nagli porast stanovnika te manjak urbanog planiranja što dovodi do građenja preko zelenih površina. Nažalost, utvrđeno je da je to najčešći tip razvoja gradova u razdoblju od 2000. do 2015. godine. Ukupna površina urbane vegetacije rapidno je porasla, ali je postotak pokrivenosti vegetacijom u urbanim područjima značajno opao (Richards i Belcher, 2019).

Klima u gradovima izravno je povezana s prisutnošću zelenila. Stabla pružaju hlad te smanjuju temperaturu u urbanim područjima, što pomaže u ublažavanju efekta urbanih toplinskih otoka. Također, vegetacija doprinosi povećanju vlažnosti zraka i filtriranju štetnih tvari, što povoljno utječe na kvalitetu zraka. Urbani parkovi i zeleni prostori, poput zelenih krovova i zidova, imaju značajan utjecaj na regulaciju mikroklima grada. Primjerice, istraživanja provedena u Manchesteru (Velika Britanija) pokazuju da čak 10 % povećanje zelene površine stabala može rezultirati padom ambijentalne temperature za 3–4 °C (Elmqvist i sur., 2015).

Bioraznolikost, odnosno raznolikost biljnog i životinjskog svijeta, također se povezuje sa zelenilom u urbanim područjima. Urbana zelena područja pružaju stanište za različite vrste biljaka i životinja, što doprinosi očuvanju biološke raznolikosti.

Ljudi ponekad aktivno čuvaju dio autohtone raznolikosti, ali češće potpuno mijenjaju biljne zajednice. Umjesto autohtonih biljaka, često se koriste neautohtone vrste za uređenje travnjaka, parkova i vrtova. Ova promjena može utjecati na raznolikost biljnih vrsta, ovisno o različitim čimbenicima poput socioekonomske razine ili urbanističkih propisa. Unatoč tome što neke autohtone biljne vrste mogu postati lokalno izumrle unutar gradova, općenito se biljna raznolikost povećava na većim prostornim skalama. Međutim, na manjim prostornim razinama ova se raznolikost može smanjiti. Gradovi su mreža različitih područja, s nekim područjima koja su potpuno bez biljaka, poput parkirališta, dok druga imaju visoku raznolikost, poput ostataka prirodnih staništa. Iako može postojati visoka raznolikost biljaka u gradovima, svako pojedinačno područje može biti lišeno vrsta. Ovo također može dramatično promijeniti funkcije ekosustava poput produktivnosti ili ciklusa dušika. Očuvane i rekonstruirane biljne zajednice u gradovima stvaraju osnovu za preostalu biološku raznolikost i strukturu staništa za razne organizme (Fahet i sur., 2011).

Upravljanje oborinskim vodama također je važan aspekt zelenila u urbanim područjima. Zelene površine sposobne su infiltrirati vodu, smanjujući rizik od poplava i pridonoseći očuvanju hidrološkog ciklusa. Oborinske vode u urbanim područjima nose hranjive tvari i šire ih iz različitih izvora, što može negativno utjecati na vodene ekosustave nizvodno od gradova. Kako se gradovi šire, nepropusne površine se povećavaju, čime se opterećenje hranjivih tvari u oborinskim vodama povećava. To stvara izazove za kvalitetu vode u rijekama i jezerima, uzrokujući probleme poput prekomjernog rasta algi, nedostatka kisika i čak masovnog uginuća riba (Adyel i sur., 2016).

5.3. Toplinski otok

Vretenca emergiraju u različita vremena kroz godinu ovisno o vrstama. Za određivanja vremena emergencije je najvažnija temperatura vode i okoliša u kojemu se vretenca nalaze te im je temperatura također bitan čimbenik u određivanju njihove aktivnosti tijekom dana (Belančić i sur., 2008),

Toplinski otok u urbanim područjima je pojava koja se javlja kao rezultat značajnog povećanja temperature zraka unutar grada u usporedbi s okolnim ruralnim područjem. Ova pojava prvenstveno proizlazi iz razlika u zemljišnom pokrovu i termičkim svojstvima urbanih i ruralnih područja, gdje gradovi zamjenjuju prirodne krajolike s umjetnim površinama poput cesta, zgrada i parkirališta (Žgela, 2018). Gradski materijali, poput asfalta i betona, imaju veću sposobnost apsorpcije Sunčeve radijacije, što dovodi do povećanja temperature okoliša. Osim toga, antropogeni utjecaj, poput emisija topline i vlage iz industrijskih procesa i ljudskih aktivnosti, dodatno pojačava efekt toplinskog otoka.

Ovaj fenomen ima brojne posljedice, uključujući povećanu potrošnju energije za hlađenje, promjene u kvaliteti zraka te utjecaj na lokalnu i regionalnu klimu. Toplinski otoci mogu biti posebno izraženi noću i tijekom hladnih dijelova godine, kada urbanizirana područja zadržavaju veću količinu topline.

6. Vretenca u gradovima

6.1. Funkcije u ekosustavu

Beskralježnjaci i posebice insekti imaju mnogo funkcija u ekosustavima, kako u prirodnim tako i u urbanim. Neke od tih funkcija su oprašivanje, raspršivanje sjemenki, održavanje kvalitete tla i sudjelovanje u hranidbenim lancima. Kao predatori vretenca u hranidbenom lancu služe za održavanje populacija vrsta kojima se hrane i time održavaju ravnotežu ekosustava onemogućujući prekomjerno razmnožavanje pojedinih vrsta. Primijećena je razlika između predatorstva u ruralnim i urbanim područjima s jedinkama u urbanom području koje više love manje vrste, vrste sposobne za let i termofilne vrste (Kotze i sur., 2022). Vretenca i drugi predatori u urbanim šumama također obavljaju bitnu funkciju kontroliranja populacija štetočina. U uvjetima gdje imaju obilje hrane, izmijenjenu klimu i manjak predatora „štetne“ i invazivne vrste beskralježnjaka se mogu jako brzo razmnožavati te stvarati štetu infrastrukturi, ugroziti javno zdravlje ili narušiti kvalitetu životnog prostora. Biološka kontrola ima potencijal reguliranja ovih „štetočina“ u urbanim područjima, čime se smanjuje potreba za pesticidima ili drugim kontrolnim sredstvima i potencijalno dugoročno smanjuju troškovi (Kotze i sur., 2022).

6.2. Urbane populacije vretenaca

Prescott i Eason (2018) istraživali su razlike u bogatstvu vrsta odraslih vretenaca (Anisoptera i Zygoptera) u stajaćim i tekućim vodama u urbanim i ruralnim krajobrazima te okolišne čimbenike koji bi mogli biti odgovorni za moguće razlike. U tekućicama, bogatstvo vrsta vretenaca nije se razlikovala između urbanih i ruralnih lokacija, ni za Anisoptera ni za Zygoptera. U stajaćicama, urbana i ruralna područja imala su slično bogatstvo vrsta Anisoptera, ali bogatstvo vrsta Zygoptera bilo je značajno niže na urbanim lokacijama nego na ruralnim. Razlike u sastavu zajednice vretenaca u stajaćicama bile su povezane s količinom urbanog razvoja unutar 150 m od svake lokacije, prosječnom pokrivenošću algama i udaljenosti od urbanih centara. U tekućicama, temperatura vode i udaljenost od urbanih centara bile su povezane s razlikama u sastavu zajednice vretenaca. No, ovi rezultati se diljem svijeta mogu značajno razlikovati s obzirom na geografski položaj prostora koje je

istraživan i početnu raznolikost vretenaca pojedinog područja. Tako je u tropima raznolikost populacija vretenaca između urbanih i ruralnih područja izraženija (Prescott i Eason, 2018).

Što se tiče Europskih vrsta, prema istraživanju iz 2012. godine provedenog u 22 grada u središnjoj Europi, otkrivene su ukupno 64 autohtone vrste vretenaca, što nas navodi na prosječan broj od 32.6 vrsta po gradu. Od tih vrsta, 55% ih je pripadalo euroazijskoj, dok je 45% bilo iz mediteranske skupine. Zanimljivo je primijetiti da su gradovi s nižom raznolikošću vrsta uglavnom smješteni u sjeverozapadnom dijelu središnje Europe. Ovi nalazi sugeriraju da površina grada i temperaturne varijacije igraju ključnu ulogu u raznolikosti vretenaca. Iako urbani uvjeti mogu imati negativan utjecaj na vretenca, gradovi često nude njihove raznolike populacije (Willigalla i Fartmann, 2012). Tako na primjer staništa pod antropogenim utjecajem u oplavnom području velike rijeke imaju veću raznolikost vrsta vretenaca. Zbog veće heterogenosti staništa i veće raznolikosti vodenih makrofita u antropogeno izmijenjenim staništima u Kopačkom ritu, tamo je raznolikost vrsta veća nego u minimalno izmijenjenim prirodnim staništima (Vilenica i sur., 2024). Također, umjetne akumulacije predstavljaju značajna staništa za rijetke i ugrožene vrste kao što je *Lindenia tetraphylla* (Vilenica i sur., 2016).

6.3. Utjecaj fragmentacije na populacije vretenaca

Istraživanja su pokazala da fragmentirani krajolici s malim pokrovom vegetacije i malim brojem vodnih tijela možda ne pružaju dovoljne koridore za olakšavanje disperzije, čime se ograničava povezanost vretenaca unutar gradova (Sato i sur., 2008). U urbanim krajolicima Japana utvrđeno je da funkcija gradskih sredina kao barijera za vrste *Paracercion calamorum*, *Ischnura senegalensis* i *I. asiatica* pokazuje konzistentan negativni utjecaj fragmentacije na genetsku diferencijaciju među populacijama (Sato i sur., 2008), što ukazuje na to da se učinak fragmentacije u urbanim područjima javlja kod najmanje tri vrste Zygoptera. Ovi fragmentirani vodeni ekosustavi mogu ograničiti kretanje vodenih organizama, smanjiti dostupnost hrane i staništa te povećati rizik od izloženosti zagađenju i drugim negativnim utjecajima urbanih sredina. Fragmentacija također može negativno utjecati na selekciju staništa ograničavanjem pristupa optimalnim lokacijama. Watts i sur. (2004) pružaju dokaze iz genetskih tehnika i istraživanja označavanja i puštanja ulovljenih jedinki da urbana područja imaju snažan negativni utjecaj na disperziju vrste *Coenagrion*

mercuriale u Ujedinjenom Kraljevstvu. Iako nema istraživanja koja koriste vretenca kao modelne organizme za istraživanje korelacije selekcije staništa i urbanih krajolika, istraživanje koje koristi računalni model teritorijalnih životinja, ukazuje na drugačije biranje fragmentiranih staništa (van Langevelde, 2015).

6.4. Odnos vegetacije i populacije vretenaca

Uklanjanje i/ili modificiranje vegetacije povezani su s raznolikošću vretenaca te općom ekološkom ravnotežom (Villalobos-Jimenez i sur., 2016). Na primjer, istraživanje Goertzena i Suhlinga (2013) ističe važnost vegetacije u ribnjacima duž urbano-ruralnog gradijenta za raznolikost vretenaca. Autohtona biljna zajednica, osobito riparijska vegetacija, također ima značajan utjecaj na strukturu zajednica vretenaca u urbanim močvarama. Disturbancije uzrokovane upravljanjem šumama utječu na vretenca tako što utječu na njihov broj vrsta, raznolikost i sastav zajednice. Najveći utjecaj primjećuje se u nedavno sječenim područjima, s nešto oporavka u šumama drugog rasta, iako sporog (Rith-Najarian, 1998). Stara šumska područja pokazuju veći broj vrsta i raznolikost u usporedbi s područjima drugog rasta, možda zbog efekta biogeografije otoka.

Istraživanje provedeno na vretencima roda *Sympetrum* proučavalo je koju gustoću i visinu vegetacije odrasla vretenca preferiraju. Zaključeno je da su gustoća i debljina struktura na kojima se vretenca odmaraju ključni faktori u njihovom izboru. Pretpostavlja se da su strukture s većom debljinom i razmakom između njih povoljnije jer pružaju stabilniju bazu i optimalno promatranje za traženje hrane, a manje je međusobnih ometanja među odraslima. U istom istraživanju je nađena velika razlika između biranja staništa ženki i mužjaka, iako valja napomenuti kako ovo istraživanje nije provedeno u urbanoj sredini (Hykel i sur., 2020).

6.5. Odnos s vodom u urbanom području

Razvodnjavanje otpadnih voda i otjecanje oborinskih voda predstavljaju značajne izazove za urbane vodene sustave. Otpadne vode domaćinstava i industrije obično se obrađuju prije ispuštanja u slatkovodne ekosustave. Istraživanje utjecaja urbanih zagađivača na vodna tijela otkrilo je negativne posljedice na bioraznolikost, pri čemu je prisutnost

otpadnih voda negativno korelirala s raznolikošću vrsta (Villalobos-Jimenez i Hassall, 2016). Iako određene taksonomske skupine poput Libellulidae mogu bujati kao odgovor na urbano zagađenje, druge, poput Gomphidae, bilježe smanjenu prisutnost (Ferrerias-Romero i sur., 2009). Ipak, potrebna je opreznost pri korištenju taksona kao bioindikatora, s obzirom na to da osjetljivost na stresore varira među vrstama (Ferrerias-Romero i sur., 2009). Urbane otpadne vode sadrže raznovrsne zagađivače, uključujući metale, gnojiva, pesticide i organske spojeve, što predstavlja višestruke prijetnje za vodene beskralježnjake. Ti zagađivači pridonose eutrofikaciji, smanjuju razinu kisika te izravno štete vrstama. Nadalje, interakcije između stresora, poput temperature i izloženosti pesticidima, kompliciraju odgovor vrsta poput *Ischnura elegans* na okolišne zagađivače (Janssens i sur., 2014).

Strategije očuvanja prirode, koje uključuju stvaranje vodnih tijela poput vrtne i bujične bare te obnovu poplavnih područja, mogu značajno doprinijeti povećanju raznolikosti vretenaca u gradovima (Willigalla i Fartmann, 2012).

7. Zaključak

Održavanje i stvaranje novih staništa te očuvanje povezanosti između vodenih i kopnenih staništa, ključno je za očuvanje vretenaca u urbanim sredinama. Osim toga, naglasak na održavanju povezanosti između različitih staništa može pružiti podršku migraciji vretenaca, što je ključno za održavanje njihovih populacija. Uz rastuću svijest o važnosti očuvanja okoliša, urbana vodna tijela više se ne percipiraju samo kao degradirani sustavi, već kao vitalni ekosustavi koji pridonose lokalnoj i regionalnoj biološkoj raznolikosti te aktivnostima u zaštiti okoliša. Ona igraju ključnu ulogu kao retencijski bazeni, smanjujući učinak "toplinskog otoka" te potičući migracije raznih životinjskih vrsta. Također, služe kao prostor za rekreaciju ljudi i predstavljaju važan element gradskih zelenih površina. Restauracija i zakonska zaštita urbanih vodnih tijela postale su prioritet, a to se reflektira i u Okvirnoj direktivi o vodama Europske komisije.

Istraživanja o vretencima u urbanim ekosustavima otkrivaju kompleksne interakcije između gradskih okoliša i populacija ovih insekata. Dok urbanizacija može imati negativne učinke na raznolikost i distribuciju vretenaca, postoji potencijal za očuvanje i obnovu

njihovih populacija kroz primjenu strategija održivog urbanog planiranja i upravljanja ekosustavima. Važno je razvijati politike koje potiču očuvanje staništa, kontrolu zagađenja voda i zelenilo urbanih područja kako bi se osiguralo održavanje ekološke ravnoteže i biološke raznolikosti. Nadalje, kontinuirana istraživanja o ovim kukcima u urbanim okolišima ključna su za razumijevanje njihove ekologije i pridonose daljnjem unapređenju mjera zaštite i upravljanja urbanih ekosustava.

8. Literatura

Adyel, T. M., Oldham, C. E., Hipsey, M. R. (2016): Stormwater nutrient attenuation in a constructed wetland with alternating surface and subsurface flow pathways: Event to annual dynamics. *Water Research*, 107: 66-82.

Alirol, E., Getaz, L., Stoll, B., Chappuis, F., Loutan, L. (2011): Urbanisation and infectious diseases in a globalised world. *The Lancet infectious diseases*, 11(2): 131-141.

Askew, R. R. (2021): *The dragonflies of Europe*. Brill.

Bagan, H., Yamagata, Y. (2014): Land-cover change analysis in 50 global cities by using a combination of Landsat data and analysis of grid cells. *Environmental Research Letters*, 9(6): 064015.

Bačić, S., Duplančić Leder, T. (2021): Računanje indeksa intenziteta zelenila na odabranim područjima grada Splita i usporedba s urbanim toplinskim otocima. *Zbornik radova*. 14: 67-72.

Belančić, A., Bogdanović, T., Franković, M., Ljuština, M., Mihoković, N. i Vitas, B. (2008): *Crvena knjiga vretenaca Hrvatske* (M. Franković, ur.). Ministarstvo kulture Republike Hrvatske, Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb

Bjelajac, S., Vrdoljak, D. (2009): Urbanizacija kao svjetski proces i njezine posljedice. *Zbornik radova Filozofskog fakulteta u Splitu*. (2-3): 3-19.

Bjelajac, S. (1993): *Rezidencijalna segregacija u urbanoj sredini*. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet, Zagreb.

Blanke, A., Schmitz, H., Patera, A., Dutel, H., Fagan, M. J. (2017): Form–function relationships in dragonfly mandibles under an evolutionary perspective. *Journal of The Royal Society Interface*, 14(128): 20161038.

Bolund, P., Hunhammar, S. (1999): Ecosystem services in urban areas. *Ecological economics*, 29(2): 293-301.

Mickel, C. E. (1934): The Significance of the Dragonfly Name "Odonata". *Annals of the Entomological Society of America*, 27(3): 411-414.

Elmqvist, T., Setälä, H., Handel, S. N., van der Ploeg, S., Aronson, J., Blignaut, J. N., Gómez-Baggethun E., Nowak DJ., Kronenberg J., de Groot, R. (2015): Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *Current opinion in environmental sustainability*, 14: 101-108.

Faeth, S. H., Bang, C., Saari, S. (2011): Urban biodiversity: patterns and mechanisms. *Annals of the new York Academy of Sciences*, 1223(1): 69-81.

Ferreras-Romero, M., Márquez-Rodríguez, J., Ruiz-García, A. (2009): Implications of anthropogenic disturbance factors on the Odonata assemblage in a Mediterranean fluvial system. *International Journal of Odonatology*, 12(2): 413-428.

Franklin, A. B., Noon, B. R., George, T. L. (2002): What is habitat fragmentation? *Studies in avian biology*, 25: 20-29.

Franković, M., Bogdanović, T. (2009): Vretenca-priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.

Goertzen, D., Suhling, F. (2013): Promoting dragonfly diversity in cities: major determinants and implications for urban pond design. *Journal of Insect Conservation*, 17: 399-409.

Ritchie H., Samborska V., Roser M. (2024): Urbanization. *Our World of Data* <https://ourworldindata.org/urbanization>, [Mrežna stranica, zadnji pristup 1. travnja 2024.].

Hubert, P., Julliard, R., Biagianti, S., Poulle, M. L. (2011): Ecological factors driving the higher hedgehog (*Erinaceus europaeus*) density in an urban area compared to the adjacent rural area. *Landscape and Urban Planning*, 103(1): 34-43.

Hykel, M., Růžičková, J., Dolný, A. (2020): Perch selection in *Sympetrum* species (Odonata: Libellulidae): importance of vegetation structure and composition. *Ecological Entomology*, 45(1): 90-96.

Jakopović, M. (2020): Bioraznolikost urbanih prostora. Završni rad, Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb.

Kotze, D. J., Lowe, E. C., MacIvor, J. S., Ossola, A., Norton, B. A., Hochuli, D. F., Mata L., Moretti M., Gagné S.A., Handa I.T., Jones T.M., Threlfall C.G., Hahs, A. K. (2022): Urban forest invertebrates: how they shape and respond to the urban environment. *Urban Ecosystems*, 25(6): 1589-1609.

Kresonja, M. (2018): Urbana vodena staništa, zanemareni izvori bioraznolikosti–usporedba zajednica trzalaca (Chironomidae, Diptera) u fontanama, bajerima i rijeci Dravi. Diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Osijek.

Labhart, T., Nilsson, D. E. (1995): The dorsal eye of the dragonfly *Sympetrum*: specializations for prey detection against the blue sky. *Journal of comparative physiology A*, 176: 437-453.

Moore, A. A., Palmer, M. A. (2005): Invertebrate biodiversity in agricultural and urban headwater streams: implications for conservation and management. *Ecological Applications*, 15(4): 1169-1177.

Prescott, V. A., Eason, P. K. (2018): Lentic and lotic odonate communities and the factors that influence them in urban versus rural landscapes. *Urban Ecosystems*, 21: 737-750.

Primack, R. B. (2006): *Essentials of conservation biology* (Vol. 23). Sunderland: Sinauer Associates.

Rebele, F. (1994): Urban ecology and special features of urban ecosystems. *Global ecology and biogeography letters*, 173-187.

Richards, D. R., Belcher, R. N. (2019): Global changes in urban vegetation cover. *Remote Sensing*, 12(1): 23.

Rith-Najarian, J. C. (1998): The influence of forest vegetation variables on the distribution and diversity of dragonflies in a northern Minnesota forest landscape: a preliminary study (Anisoptera). *Odonatologica*, 27(3): 335-351.

Schmid, C., Karaman, O., Hanakata, N. C., Kallenberger, P., Kockelkorn, A., Sawyer, L., Streule M., Wong, K. P. (2018): Towards a new vocabulary of urbanisation processes: A comparative approach. *Urban Studies*. 55(1): 19-52.

Starić, M. (2020): Veća urbana područja u Republici Hrvatskoj. Diplomski rad, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Fakultet ekonomije i turizma "Dr. Mijo Mirković", Pula.

Steele, M. K., Heffernan, J. B. (2014): Morphological characteristics of urban water bodies: mechanisms of change and implications for ecosystem function. *Ecological Applications*, 24(5): 1070-1084.

Stojanić, D. (2022): Utjecaj masovne urbanizacije na onečišćenje. Specijalistički diplomski stručni rad, Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet, Katedra za makroekonomiju i gospodarski razvoj, Zagreb.

Swingland, I. R. (2001): Biodiversity, definition of. *Encyclopedia of biodiversity*, 1: 377-391.

Tillyard, R. J. (1917): *The biology of dragonflies: (Odonata or Paraneuroptera)*. CUP Archive.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2018): *The World's Cities in 2018 - Data Booklet (ST/ESA/SER.A/417)*.

van Langevelde, F. (2015): Modelling the negative effects of landscape fragmentation on habitat selection. *Ecological informatics*, 30: 271-276.

Van, K. D., Janssens, L., Debecker, S., Stoks, R. (2014): Warming increases chlorpyrifos effects on predator but not anti-predator behaviours. *Aquatic Toxicology*, 152: 215-221.

Vilenica, M., Alegro, A., Koletić, N., Mihaljević, Z. (2016): New evidence of *Lindenia tetraphylla* (Vander Linden, 1825) (Odonata, Gomphidae) reproduction at the north-western border of its distribution. *Natura Croatica*, 25(2): 287-294.

Vilenica, M., Brigić, A., Ergović, V., Koh, M., Alegro, A., Šegota, V., Rimac A., Rumišek M., Mihaljević Z. (2024): Taxonomic and functional Odonata assemblage metrics: macrophyte-driven changes in anthropogenically disturbed floodplain habitats, *Hydrobiologia*, 1-21.

Vilenica, M., Rebrina, F., Ružanović, L., Gulin, V., Brigić, A. (2022): Odonata assemblages as a tool to assess the conservation value of intermittent rivers in the Mediterranean. *Insects*, 13(7): 584.

Villalobos-Jimenez, G., Dunn, A., Hassall, C. (2016): Dragonflies and damselflies (Odonata) in urban ecosystems: a review. *European Journal of Entomology*, 113: 217-232.

Watson, C. (1993): Trends in world urbanisation. In *Proceedings of the First International Conference on Urban Pests* 1-8.

Watts, P. C., Rouquette, J. R., Saccheri, I. J., Kemp, S. J., Thompson, D. J. (2004): Molecular and ecological evidence for small-scale isolation by distance in an endangered damselfly, *Coenagrion mercuriale*. *Molecular Ecology*, 13(10): 2931-2945.

Whittaker, R. H. (1972): Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2-3): 213-251.

Wiederkehr, F., Wilkinson, C. L., Zeng, Y., Yeo, D. C., Ewers, R. M., O'Gorman, E. J. (2020). Urbanisation affects ecosystem functioning more than structure in tropical streams. *Biological Conservation*, 249, 108634.

Wiederkehr, F., Wilkinson, C. L., Zeng, Y., Yeo, D. C., Ewers, R. M., O'Gorman, E. J. (2020): Urbanisation affects ecosystem functioning more than structure in tropical streams. *Biological Conservation*, 249: 108634.

Žgela, M. (2018): Urbana klimatologija-primjer toplinskog otoka grada Zagreba. *Geografski horizont*, 64(2): 31-40.

Slike

Slika 3 Richards DR, Belcher RN. (2020) Global Changes in Urban Vegetation Cover. *Remote Sensing*, 12(1):23.