

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Matjaž GREGORIČ

**MEDVRSTNE RAZLIKE V ARHITEKTURI MREŽ PAJKOV IZ
RODU *Zygiella* (Araneae: Araneidae): VEDENJSKI PRISTOP K
TAKSONOMSKIM PROBLEMOM**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

**INTERSPECIFIC DIFFERENCES IN WEB ARCHITECTURE OF THE
SPIDER GENUS *Zygiella* (Araneae: Araneidae): A BEHAVIOURAL
APPROACH TO TAXONOMIC PROBLEMS**

GRADUATION THESIS

University Studies

Ljubljana, 2008

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija biologije. Opravljeno je bilo na Biološkem inštitutu Jovana Hadžija Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti ter v Skupini za splošno zoologijo Katedre za zoologijo Oddelka za biologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Terensko delo je bilo opravljeno v Sloveniji in na Hrvaškem.

Študijska komisija Oddelka za biologijo je za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Roka Kostanjška in za somentorja dr. Matjaža Kuntnerja.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: doc. dr. Rudi Verovnik
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odelek za biologijo

Član: prof. dr. Peter Trontelj, recenzent
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odelek za biologijo

Mentor: doc. dr. Rok Kostanjšek
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Somentor: dr. Matjaž Kuntner
Biološki Inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU

Datum zagovora: 2008

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki jo oddajam v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Matjaž Gregorič

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD** Dn
DK 591.5:595.4(043.2)=163.6
KG Zygiella, Zygiellidae, arhitektura mrež, medvrstne razlike, taksonomija, diagnostika, vedenje
AV GREGORIČ, Matjaž
SA KOSTANJŠEK, Rok (mentor), KUNTNER, Matjaž (somentor)
KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehnična fakulteta, Oddelek za biologijo
LI 2008
IN MEDVRSTNE RAZLIKE V ARHITEKTURI MREŽ PAJKOV IZ RODU *Zygiella* (Araneae: Araneidae): VEDENJSKI PRISTOP K TAKSONOMSKIM PROBLEMOM
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP XI, 56 str., 2 pregl., 36 sl., 1 pril., 82 vir.
IJ SL
JI sl/en
AI Za mreže vrst pajkov, ki so tradicionalno združene v rodu *Zygiella*, naj bi bil zancilen manjkajoč sektor mreže v njenem zgornjem delu. Nedavna revizija rodu *Zygiella* (*sensu lato*) je rod razdelila na 4 rodove: *Zygiella* (*sensu stricto*), *Leviellus*, *Parazygiella* in *Stroemiellus*, namesto klasične uvrstitve v družino Araneidae pa je bila predlagana uvrstitev rodov v samostojno družino Zygiellidae. V Sloveniji so bile do nedavnega najdene štiri vrste iz te skupine - *L. thorelli*, *P. montana*, *S. stroemi* in *Z. x-notata*. Namen naloge je bil preveriti, ali se taksonomija znotraj rodu *Zygiella* s. lat. ujema z vedenjskimi znaki pri izdelavi mrež, preveriti kateri od teh znakov so uporabni pri diagnostiki vrst in ali so kateri med njimi uporabni tudi za ugotavljanje filogenetskih odnosov. Poleg tega smo v nalogi ugotavljali tudi, katere vrste se pojavljajo na območju Slovenije, njihovo razširjenost in sezonsko aktivnost. V te namene smo na skupno 33 lokalitetah merili 31 izbranih lastnosti mrež in opazovali ekologijo ter vedenje vrst. Skupno smo izmerili 289 mrež. Ugotovili smo, da se v Sloveniji poleg štirih do sedaj najdenih vrst pojavlja tudi vrsta *Z. keyserlingi*, in da vedenjski znaki lahko omogočajo ločevanje rodov *Leviellus*, *Parazygiella* in *Stroemiellus*, kar daje preliminarno podporo delitvi rodu *Zygiella* s. lat., sedem od preučevanih vedenjskih znakov pa bi lahko bilo uporabnih tudi v filogenetskih analizah.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN** Dn
DC 591.5:595.4(043.2)=163.6
CX Zygiella, Zygiellidae, web architecture, interspecific differences, taxonomy, diagnostics, behavior
AU GREGORIČ, Matjaž
AA KOSTANJŠEK, Rok (mentor), KUNTNER, Matjaž (co-mentor)
PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
PB Univerza v Ljubljani, Biotehnična fakulteta, Oddelek za biologijo
PY 2008
TI INTERSPECIFIC DIFFERENCES IN WEB ARCHITECTURE OF THE SPIDER GENUS *Zygiella* (Araneae: Araneidae): A BEHAVIOURAL APPROACH TO TAXONOMIC PROBLEMS
DT Graduation Thesis (University studies)
NO XI, 56 p., 2 tab., 36 fig., 1 ann., 82 ref.
LA SL
AL sl/en
AB The species traditionally grouped in the genus *Zygiella* are thought to all possess a characteristic orb-web feature – the missing sector in the upper part of the orb. *Zygiella* has recently been split into 4 genera (new are *Leviellus*, *Parazygiella* and *Stroemiellus*) and proposed to belong to family Zygiellidae, rather than the Araneidae. Four species from this group were known from Slovenia so far - *Z. thorelli*, *P. montana*, *S. stroemi* and *Z. x-notata*. The purpose of the work was to examine wheater the taxonomy of the genus *Zygiella* s. lat. corresponds to behavioral characters, which characters are useful in species diagnosis and if any of them are potentially useful in phylogenetics. Occurence of the species in Slovenia, their distribution and phenology was also studied. For these purposes 31 selected orb-web features were measured on 289 webs on 33 localities. The ecology and behavior of each specimen was observed as well. Besides four known species, *Z. keyserlingi* has turned out to occur in Slovenia as well. Three genera (*Leviellus*, *Parazygiella*, *Stroemiellus*) seem to be diagnosable based on the web architecture, which provides preliminary support for splitting the genus *Zygiella* s. lat. and seven behavioral characters are potentially useful in phylogenetic analysis.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija (KDI).....	III
Key Words Documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo tabel	VII
Kazalo slik	VIII
Okrajšave in simboli	XI
1 UVOD.....	1
1.1 Splošno o mrežah PAJKOV.....	1
1.2 Kolesasta mreža.....	2
1.2.1 Splošna oblika.....	2
1.2.2 Zgradba in nomenklatura kolesaste mreže.....	3
1.2.3 Povezava zgradbe in funkcije v kolesasti mreži	6
1.3 Monofiletski izvor in evolucija kolesaste mreže.....	7
1.4 Rod <i>Zygiella</i> in njegov taksonomski status.....	8
1.5 Namen dela in problematika uporabnosti mrež v taksonomiji in filogenetiki ...	10
2 MATERIAL IN METODE.....	12
2.1 Terensko delo	12
2.1.1 Seznam lokalitet.....	12
2.2 Izbor vedenjskih znakov.....	14

2.2.1	Seznam vedenjskih znakov	14
2.3	Meritve	19
2.4	Obdelava podatkov.....	20
2.5	Diagnostični in filogenetsko informativni znaki.....	20
3	REZULTATI.....	22
3.1	RAZŠIRJENOST IN Biologija vrst.....	22
3.2	Taksonomija.....	25
4	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	42
4.1	Razširjenost in Biologija vrst.....	42
4.2	Taksonomija.....	43
5	POVZETEK.....	48
6	VIRI	50
6.1	CITIRANI VIRI.....	50

KAZALO TABEL

Tabela 1:	Seznam izrazov, uporabljenih v nalogi in ustreznih angleških izrazov.....	5
Tabela 2:	Seznam vrst in njihova prisotnost na lokalitetah.	22

KAZALO SLIK

Slika 1:	Zgradba in nomenklatura kolesaste mreže z najpogosteje uporabljenimi angl. izrazi.....	3
Slika 2:	Slike živih pajkov rodu <i>Zygiella</i> s. lat.	9
Slika 3:	Na slikah prikazani nekateri merjeni znaki.....	15
Slika 4:	Na slikah prikazani nekateri merjeni znaki.....	18
Slika 5:	Filogenetsko drevo z označenimi diagnostičnimi in filogenetsko uporabnimi znaki.....	21
Slika 6:	V naravi slikane vrste rodu <i>Zygiella</i> s lat.....	23
Slika 7:	V naravi slikane mreže rodu <i>Zygiella</i> s lat.....	24
Slika 8:	Karta razširjenosti vrst rodu <i>Zygiella</i> s lat. v Sloveniji.....	25
Slika 9:	Primerjava oblike mreže med vrstami z linijskim diagramom.	27
Slika 10:	Primerjava razdalje središča od zgornjega roba mreže med vrstami z Box-plot diagramom.	28
Slika 11:	Primerjava razdalje središča od stranskega roba med vrstami z Box-plot diagramom.....	29
Slika 12:	Primerjava števila niti lepljive spirale, ki ne krožijo nad središčem, med vrstami z Box-plot diagramom	29
Slika 13:	Primerjava površine mreže med vrstami z Box-plot diagramom.	30
Slika 14:	Primerjava relativne površine mreže med vrstami z Box-plot diagramom ..	30
Slika 15:	Primerjava prisotnost manjkajočega sektorja med vrstami z linijskim diagramom.....	31
Slika 16:	Primerjava števila niti lepljive spirale, ki krožijo nad središčem, med vrstami z Box-plot diagramom	31

Slika 17: Primerjava števila niti lepljive spirale, ki krožijo pod središčem, med vrstami z Box-plot diagramom.	32
Slika 18: Primerjava števila niti lepljive spirale, ki krožijo desno od središča, med vrstami z Box-plot diagramom.	32
Slika 19: Primerjava števila niti lepljive spirale, ki ne krožijo pod središčem, med vrstami z Box-plot diagramom	33
Slika 20: Primerjava števila niti lepljive spirale po največji višini mreže, med vrstami z Box-plot diagramom.	33
Slika 21: Primerjava vertikalne asimetrije središča med vrstami z Box-plot diagramom.	34
Slika 22: Primerjava širine mreže med vrstami z Box-plot diagramom.	34
Slika 23: Primerjava višine mreže med vrstami z Box-plot diagramom.....	35
Slika 24: Primerjava števila primarnih žarkov med vrstami z Box-plot diagramom. ...	35
Slika 25: Primerjava števila niti lepljive spirale, ki krožijo levo od središča, med vrstami z Box-plot diagramom	36
Slika 26: Primerjava števila niti lepljive spirale po največji širini mreže med vrstami z Box-plot diagramom.	36
Slika 27: Primerjava gostote mreže po višini med vrstami z Box-plot diagramom.....	37
Slika 28: Primerjava gostote mreže po širini med vrstami z Box-plot diagramom	37
Slika 29: Primerjava za »Ladder index« med vrstami z Box-plot diagramom.	38
Slika 30: Primerjava asimetrije mreže med vrstami z Box-plot diagramom	38
Slika 31: Primerjava velikosti pajka med vrstami z Box-plot diagramom	39
Slika 32: Primerjava prisotnosti sekundarnih žarkov med vrstami z linijskim diagramom.....	39
Slika 33: Primerjava razdalje mreže od tal med vrstami z Box-plot diagramom.	40

Slika 34: Primerjava oddaljenosti zatočišča od mreže med vrstami z Box-plot diagramom.....	40
Slika 35: Primerjava kota manjkajočega sektorja med vrstami z Box-plot diagramom.....	41
Slika 36: Primerjava horizontalne asimetrije središča med vrstami z Box-plot diagramom..	41

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

- A01 Smer mreže
- A02 Oblika mreže
- A03 Širina mreže
- A04 Višina mreže
- A05 Središče – zgornji rob
- A06 Središče – stranski rob
- A07 Oddaljenost mreže od tal
- A08 Manjkajoči sektor
- A09 Oddaljenost zatočišča od mreže
- A10 Kot signalne niti
- A11 Kot manjkajočega sektorja
- A12 Število primarnih žarkov
- A13 Sekundarni žarki
- A14 Terciarni žarki
- A15 Število niti lepljive spirale, ki krožijo nad središčem
- A16 Število niti lepljive spirale, ki krožijo pod središčem
- A17 Število niti lepljive spirale, ki krožijo levo od središča
- A18 Število niti lepljive spirale, ki krožijo desno od središča
- A19 Število niti lepljive spirale, ki ne krožijo pod središčem
- A20 Število niti lepljive spirale, ki ne krožijo nad središčem

- A21 Velikost
- B01 Vertikalna asimetrija središča
- B02 Horizontalna asimetrija središča
- B03 Število niti lepljive spirale vertikalno
- B04 Število niti lepljive spirale horizontalno
- B05 Gostota mreže po višini
- B06 Gostota mreže po širini
- B07 »Ladder index«
- B08 Površina mreže
- B09 Asimetrija mreže
- B10 Površina mreže glede na velikost pajka
- LS Niti lepljive spirale

1 UVOD

1.1 SPLOŠNO O MREŽAH PAJKOV

Pajki so razširjeni po celem svetu in so z izjemo zraka in odprtega morja osvojili vsa življenjska okolja. Bistvena lastnost, ki jim omogoča tako veliko razširjenost, je sposobnost izdelovanja lepljive niti, ki se po evlucijski vlogi lahko primerja celo z letenjem pri žuželkah ali toplokrvnostjo pri sesalcih (Foelix, 1996). Kljub temu, da pajki niso edini organizmi, ki proizvajajo lepljivo nit, so edini, ki to pridobitev uporabljajo v vseh stopnjah svojega življenja in v različne namene. Med najbolj značilnimi uporabami niti pri pajkih je gradnja lovilnih mrež. Izvorna funkcija svilene niti in prediva pri pajkih je bila po vsej verjetnosti gradnja kokonov za zaščito jajc (Kaston, 1964; Shultz, 1987), v zgodnji fazi pa verjetno tudi gradnja zatočišč. Niti, ki so se iz takšnih zatočišč raztezale, so lahko služile zgolj opozarjanju na plen in šele niti, ki so plen zadržale so bile resnično velika pridobitev, ki je pajkom olajšala plenjenje. Z veliko gotovostjo se torej domneva, da so se pasti iz lepljive niti razvile kot podaljški zatočišča (Foelix, 1996).

Ekološko lahko pajke ločimo v dve osnovni skupini - na pajke z mrežami in pajke brez njih. Samo prvi uporabljajo zmožnost proizvodnje lepljive niti tudi za gradnjo lovilnih mrež. Seveda pa imajo različne skupine lahko tudi zelo različne mreže in tehnike lova. Izvorno "primitivne" skupine pajkov imajo preproste mreže, pogosto v obliki signalnih oz. lovilnih niti, ki izhajajo iz zatočišča (npr. rodova *Amaurobius* in *Segestria*). Predstavniki družin Agelenidae in Linyphiidae gradijo vodoravne, lijakaste oziroma baldahinaste mreže. Prve so ploske in rahlo konkavne oblike s cevastim zatočiščem na eni strani, iz katerega pajki stečejo na mrežo po plen. Predstavniki družine Linyphiidae izdelajo podobne, vendar rahlo konveksne mreže, kjer pajki obrnjeni navzdol mirujejo na spodnji strani (Bristowe, 1958, cit. po Foelix, 1996). Pri mrežah obeh družin se nad temi ploskvami pajčevine (t.i. baldahini) pojavljajo še navpične niti, ki prestrežejo morebiten plen. Na videz podobne mreže imajo tudi predstavniki družine Theridiidae, pri katerih je baldahin nepravilne in rahle strukture, nitke za prestrezanje plena pa so razločno opremljene z lepljivimi kapljicami (Wiehle, 1949, po Foelix, 1996). Najbolj znan in prepoznaven tip mreže pri pajkih pa je zanesljivo kolesasta mreža, ki je podrobneje razložena v naslednjem poglavju in je bila tudi predmet naših raziskav.

Glavna funkcija mrež je ulov in detekcija plena, služijo pa tudi drugim namenom, kot sta komunikacija med osebki in zaščita pred plenilci (Witt in Rovner, 1982, cit. po Shear 1986). Mreže niso vedno samo pasivne pasti, poleg tega pa pajki pogosto ne plenijo samo neselektivno, temveč so lahko visoko specializirani za določen plen, kar jim med drugim omogoča prav visoka specializacija mrež (Shear, 1986).

1.2 KOLESASTA MREŽA

1.2.1 Splošna oblika

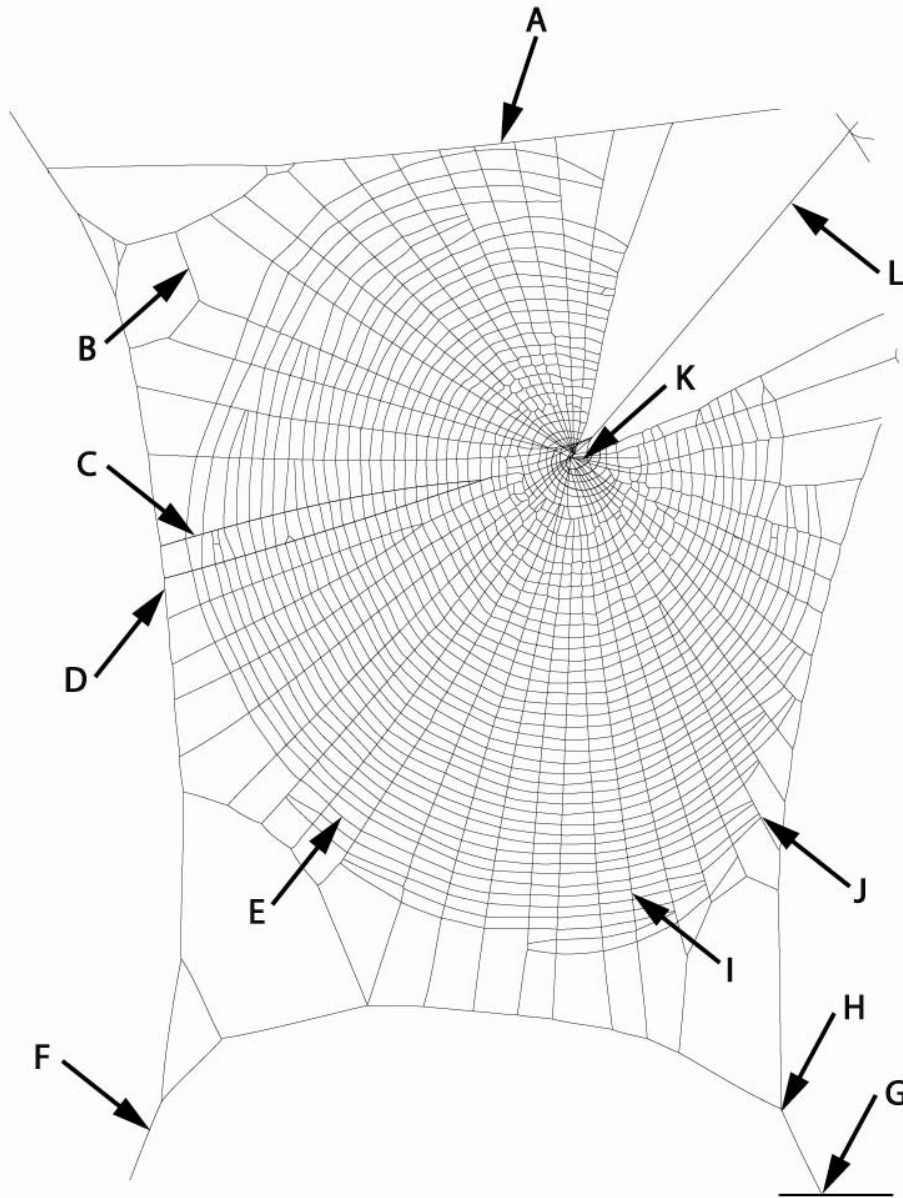
Mnogi pajki so se prilagodili na plenjenje letečega plena, kolesasta mreža (angl. orb-web) pa je ena od pasti, ki to omogoča. Ker naravna selekcija narekuje varčnost, mora mreža pokrivati čim večjo površino z najmanjšo možno porabo materiala, kar se najlažje doseže s planarno mrežo (Wainwright s sod., 1976, cit. po Zschokke in Vollrath, 2000; Opell, 1999a; Zschokke in Vollrath, 2000). V večini naravnih okolij žuželke letijo bolj ali manj vodoravno, zato je večina kolesastih mrež postavljena navpično (Chacon in Eberhard, 1980, cit. po Zschokke, 2002; Eberhard, 1989, cit. po Zschokke, 2002). V nekaterih naravnih okoljih, predvsem v okolici vodnih površin pa mnoge žuželke letijo navpično, zato so tam mreže pogosto postavljene vodoravno. Pri vodoravni mreži se žuželke, ki poskušajo pobegniti, dodatno zapletajo še v spodnje dele mreže, kar je dodatna funkcionalna prednost vodoravne pred navpično postavljeno mrežo (Eberhard, 1990).

Nevidnost pasti za potencialen plen se doseže s kamuflažo ali nevidnostjo. Kolesasta mreža se zaznavi plena poskuša izogniti z nevidnostjo (Rypstra, 1982; Craig 1986, cit. po Foelix, 1996). Ker pa je svilena nit sama po sebi vidna, mora biti čim tanjša. Pod temi pogoji je zato površina najučinkoviteje zapolnjena v obliki pravilne mreže (von Frisch, 1974 in Thompson, 1992, cit. po Zschokke, 2002).

Mreža mora zadoščati dvema pogojema - plen mora ustaviti in zadržati (Eberhard, 1990). Plen torej ne sme niti zleteti skozi mrežo, niti se ne sme od nje odbiti. Rešitev za ta problem sta dva različna tipa niti (Lin s sod., 1995), ki sta nameščena v mrežo pravokotno drug na drugega. Toge, manj elastične in nelepljive niti plen ustavijo, zadržijo pa ga elastične lepljive niti, ki absorbirajo energijo upirajočega se plena (Eberhard, 1986; Opell, 1999b; Swanson s sod., 2007). Po tem, ko plen zadene mrežo, mora pajek čim prej zaznati njegov položaj. To najlažje stori kadar gredo iz vseh strani mreže do njega neposredne, toge niti (Masters, 1984; Eberhard, 1990). Najprimernejša je torej mreža s togimi nitmi, ki se radialno raztezajo iz središča mreže. V kolesastih mrežah imajo te niti tudi vlogo ustavljanja plena. Da se lahko vzpostavi pravilna mreža, so pravokotno na njih v koncentričnih krogih postavljene še elastične, lepljive niti, ki imajo vlogo zadržati plen (Zschokke, 2002).

Dva od vidnejših elementov kolesaste mreže sta torej niti, ki se radialno raztezajo iz središča (t.i. žarki – angl. radii) in niti, ki so v koncentričnih krogih postavljene pravokotno na njih (t.i. lepljive spirale – angl. sticky spiral). Tretji očiten element mreže je okvir (angl. frame), ki mrežo pripne na podlago in služi pripenjanju žarkov.

1.2.2 Zgradba in nomenklatura kolesaste mreže



Slika 1: Zgradba in nomenklatura kolesaste mreže z najpogosteje uporabljenimi angl. izrazi (prirejeno po Zschokke, 1999 in 2006). (A) most (bridge thread); (B) sekundarni okvir (secondary frame); (C) sekundarni žarek (secondary radius); (D) primarni okvir (primary frame); (E) nit lepljive spirale (sticky spiral); (F) sidrna nit (anchor thread); (G) sidrna točka (anchor point); (H) točka okvirja (frame point); (I) primarni žarek (primary radius); (J) obrat (U-turn); (K) središče (hub); (L) signalna nit (signal thread).

Kljub temu, da znanost teži k uporabi nedvoumnih izrazov, pa to žal ne velja za poimenovanje delov kolesaste mreže, saj se v literaturi uporabljajo različni izrazi za iste dele mreže in celo isti izrazi za različne dele mreže (Zschokke, 1999). V tem poglavju je podan pregled izrazov, povzet večinoma po Zschokke (1999), ki se bodo uporabljali v diplomski nalogi. Zaradi preglednosti je osnovna zgradba kolesaste mreže prikazana tudi grafično (Slika 1), podan pa je tudi seznam ustreznih angleških izrazov (Tabela 1).

Sidrne niti in okvir (Slika 1). Mreža je na sidrnih točkah pripeta na podlago s sidrnimi nitmi. Nit, ki poteka po zunanjem robu mreže, se imenuje okvir. Primaren okvir (nit primarnega okvirja) je na obeh koncih pripet na sidrne niti in oblikuje najbolj zunanji rob mreže. Sekundarni okvir je pritrjen na dve niti primarnega okvirja, ki med seboj tvorita kot (Mayer, 1952, po Zschokke, 1999). Točka, kjer se dve niti primarnega okvirja pripenjata na sidrno nit, se imenuje točka okvirja. Nit primarnega okvirja na vrhu mreže se imenuje tudi most, kar pa ni enako kot premostitvena nit - nit, ki jo pajek spusti z vetrom, da premosti odprt prostor (Peters, 1989, po Zschokke, 1999).

Žarki (Slika 1 in 4A). Niti, ki bolj ali manj ravno potekajo od sredine mreže proti robu, se imenujejo žarki. Obstajajo različni tipi žarkov, ki jih vsi avtorji ne delijo enako, večinoma pa jih razlikujejo glede na način izdelave (Zschokke, 1999). Ne glede na to v kateri fazi gradnje mreže so nastali, z izrazom primarni žarek, v nalogi označujemo tiste žarke, ki potekajo od središča mreže do roba. Pozni žarki ne izhajajo iz središča, temveč drugje v mreži (Kuntner, 2006; Kuntner s sod., 2008a) – sekundarni žarki tako izhajajo iz primarnih žarkov, terciarni žarki pa iz sekundarnih žarkov (Jakson, 1973, po Zschokke, 1999; Kuntner s sod., 2008a). Gre torej za poimenovanje glede na položaj v mreži in ne glede na način izdelave.

Spirala (Slika 1, Slika 3B). Pri večini kolesastih mrež ločimo dva glavna tipa spiral – pomožno spiralo, ki je narejena iz nelepljive niti in lepljivo spiralo iz lepljive niti. Med izdelovanjem lepljive spirale večina vrst pajkov odstrani pomožno spiralo, od katere ostanejo samo majhne kroglice vzdolž žarkov – izjema je npr. družina Nephilidae, pri kateri se pomožna spirala ne odstrani iz mreže (Kuntner, 2006; Kuntner s sod., 2008a). Lepljiva spirala pa ni neprekinjena spirala v pravem pomenu besede. Pajki se med njenim polaganjem večkrat obrnejo (gre za t.i. obrat) in nadaljujejo v nasprotni smeri. Spirala središča je najbolj notranji del pomožne spirale in se med izdelovanjem lepljive spirale ne odstranjuje.

Drugi deli (Slika 1). Središče je ponavadi sestavljeno iz nepravilno nameščenih niti. Ponavadi pajki med izdelovanjem lepljive spirale v središče izgrizejo luknjo, ki jo večina vrst spet zapre (t.i. zaprto središče), nekatere pa jo pustijo (t.i. odprto središče). Okoli središča je območje ojačenja, ki pa ni vedno razločno ločeno od središča. Območje ojačenja je obdano s prostim območjem, ki ga prečkajo samo žarki. Na tem delu mreže

lahko pajki neovirano menjajo stran (Foelix, 1996). Nekatere vrste na plen ne čakajo v mreži, temveč so raje skrite v zatočišču. Signalna nit povezuje središče z zatočiščem in pajku omogoča zaznavo dogajanja v mreži ter neovirano pot do središča. Stabiliment je izraz za različne oblike dodatnih svilenih struktur na mreži, ki se ponavadi v več smereh razširjajo od središča, še danes pa mu pripisujejo mnoge vloge (privabljanje in odvracanje plena, preprečevanje plenjenja pticam, zmanjšanje poškodb na mreži zaradi ptic), ki so pri različnih tipih kolesastih mrež verjetno različne (Robinson in Robinson, 1973; Craig in Bernard, 1990; Scharff in Coddington, 1997; Blackledge, 1998; Herberstein s sod., 2000; Kuntner s sod., 2008a).

Tabela 1: Seznam izrazov, uporabljenih v nalogi in ustreznih angleških izrazov (prirejeno po Zschokke, 1999: 544-545).

Slovenski izraz	Angleški izrazi
sidrna točka	anchor points, mooring point, anchor thread,
sidrna nit	frame thread, guy thread, mooring thread
primarni okvir	primary frame, foundation
sekundarni okvir	secondary frame, auxiliary frame, cord, Y-frame, inner frame, radial Y-structure, section thread
točka okvirja	frame point, frame Y-structure
most	bridge thread
žarek	radius, radial, radial thread, radiating thread, spoke, ray
primarni žarek	primary radius, secondary radius
sekundarni žarek	late radius, split radius, subsidiary radius, secondary radius, tertiary radius
terciarni žarek	late radius, split radius, subsidiary radius, secondary radius, tertiary radius
središče	hub
lepljiva spirala	sticky spiral, capture spiral, catching spiral, viscid spiral ensnaring spiral, outer spiral, permanent spiral
pomožna spirala	auxiliary spiral, nonsticky spiral, preliminary spiral primary spiral, structural spiral, provisional spiral scaffolding spiral, temporary spiral
obrat	U-turn, loop, (point of) reversal, reverse switchback, turnback, turning point
signalna nit	signal thread, guide line to retreat
zatočišče	retreat, hiding place
stabiliment	stabilimentum

1.2.3 Povezava zgradbe in funkcije v kolesasti mreži

Razlogi za osnovno obliko kolesaste mreže so podani že v poglavju o splošni obliki. Kolesaste mreže pa niso samo togi, nelepljivi žarki, ki se raztezajo iz središča ter elastična, lepljiva spirala, postavljena pravokotno na njih. Njena zgradba je namreč precej bolj prefinjena. V tem poglavju so podrobneje predstavljene povezave med zgradbo in funkcijo, zaradi katerih so kolesaste mreže tako visoko adaptirane.

Že omenjeni zahtevi po ustavitvi in zadržanju plena morata veljati za celotno površino mrež. Glede na to, da se zaradi radialne namestitve žarki oddaljujejo proti robu mreže, se morajo proti robu večati tudi razdalje med nitmi lepljive spirale (Witt, 1952; ap Rhiart in Vollrath, 1994; Heiling in Herberstein, 1998; Zschokke, 2002). Alternativa temu so sekundarni žarki, ki ohranjajo razdaljo med žarki bolj ali manj konstantno, v tem primeru je konstantna tudi razdalja med nitmi lepljive spirale (Peters, 1953, cit. po Zschokke, 2002).

Vertikalne kolesaste mreže pri skupini Araneoidea so pogosto nekoliko asimetrične, s središčem pomaknjenim iz geometrijskega središča proti vrhu (Witt s sod., 1968). To ni naključje, saj se pajek, ki lahko določi lego plena samo v središču, od tukaj lažje premika navzdol, kot navzgor. Asimetrija mreže, s središčem pomaknjenim nekoliko navzgor tako omogoča, da lahko pajek doseže vse dele mreže v približno enakem času (Masters in Moffat, 1983; ap Rhiart in Vollrath, 1994; Herberstein in Heiling, 1999; Kuntner s sod., 2008a; Kuntner s sod., 2008b). Tej asimetriji so prilagojene tudi nekatere druge strukture. Tako je v zgornjem delu mreže manjše število žarkov (Peters, 1937; Mayer, 1952, Zschokke, 2002; Krieger, 1992, cit. po Zschokke, 2002), v spodnjem delu pa dodatna lepljiva spirala (Mayer, 1952, cit. po Zschokke, 2002; Witt s sod., 1968). V tem pogledu so ekstremne npr. mreže rodu *Nephilengys*, ki imajo središče, pomaknjeno povsem do zgornjega roba mreže (Kuntner, 2007). Napetost vsakega zavoja lepljive spirale ustvarja centripetalno silo na žarkih, kar povzroča, da se napetost le-teh veča od središča proti robu mreže, še večje sile pa delujejo na niti okvirja in sidrne niti. Sile, ki delujejo na žarke, niti okvirja in sidrne niti se večajo v razmerju 1:7:10 (Wirth in Barth, 1992). Da se napetost zmanjša, so omenjene niti posledično tudi različnih debelin – niti okvirja in sidrne niti merijo v premeru okoli 6 μm , žarki pa 2-3 μm (Foelix, 1996). Za nameček mora mreža kot celota prenesti tudi okoljske vplive, kot so npr. veter, padavine in trčenje velikih živali. Podlaga, na katero je mreža pripeta, je lahko nepremična, lahko pa imajo okoljski vplivi nanjo celo večji vpliv kot na mrežo. Vez mreže s sidrnimi nitmi mora biti zato gibljiva, zaradi česar žarki niso pritrjeni neposredno na sidrne niti, temveč na okvir mreže.

Mrežo lahko razumemo tudi kot podaljšek pajkovih čutil. Pri kolesasti mreži so najpomembnejše vibracije vzdolž žarkov, saj imajo informacijo o smeri in skoraj ne

slabijo z razdaljo. Visokofrekvenčni viri energije, kot so npr. ujete muhe, zelo učinkovito oddajajo signale proti središču mreže. Žarki pa s svojo dobro prevodnostjo vibracij služijo tudi parjenju. Pogosto samci na poti proti samici ritmično vlečejo niti in tako opozarjajo, da niso plen. Poleg mehanskih lahko mreža prenaša tudi kemijske signale, na primer izločanje feromonov (Blanke, 1973; Foelix, 1996).

Visoko urejena geometrijska zgradba kolesaste mreže kaže na visoko učinkovitost in ekonomičnost mreže kot pasti. To podpira dejstvo, da je kolesasta mreža praviloma zgrajena zgolj iz 0,1-0,5 mg prediva, ob skupni dolžini niti okoli dveh metrov, in to v samo 20-30 minutah (Foelix, 1996). Ob tem je potrebno upoštevati, da npr. odrasla samica navadnega križevca (*Araneus diadematus*) tehta približno 500 mg (Foelix, 1996). Kljub visoki stopnji prilagojenosti in dodelanosti pa mreža traja večinoma le dan ali dva (Wiehle, 1927; Breed s sod., 1964; Zschokke, 2002). Poleg tega je gradnja kolesaste mreže očitno energijsko precej zahtevna, saj pajki pred gradnjo nove stare pogosto pojedjo, večino proteinov stare mreže pa uporabijo že pri naslednji gradnji mreže (Carico, 1984, 1986).

1.3 MONOFILETSKI IZVOR IN EVOLUCIJA KOLESASTE MREŽE

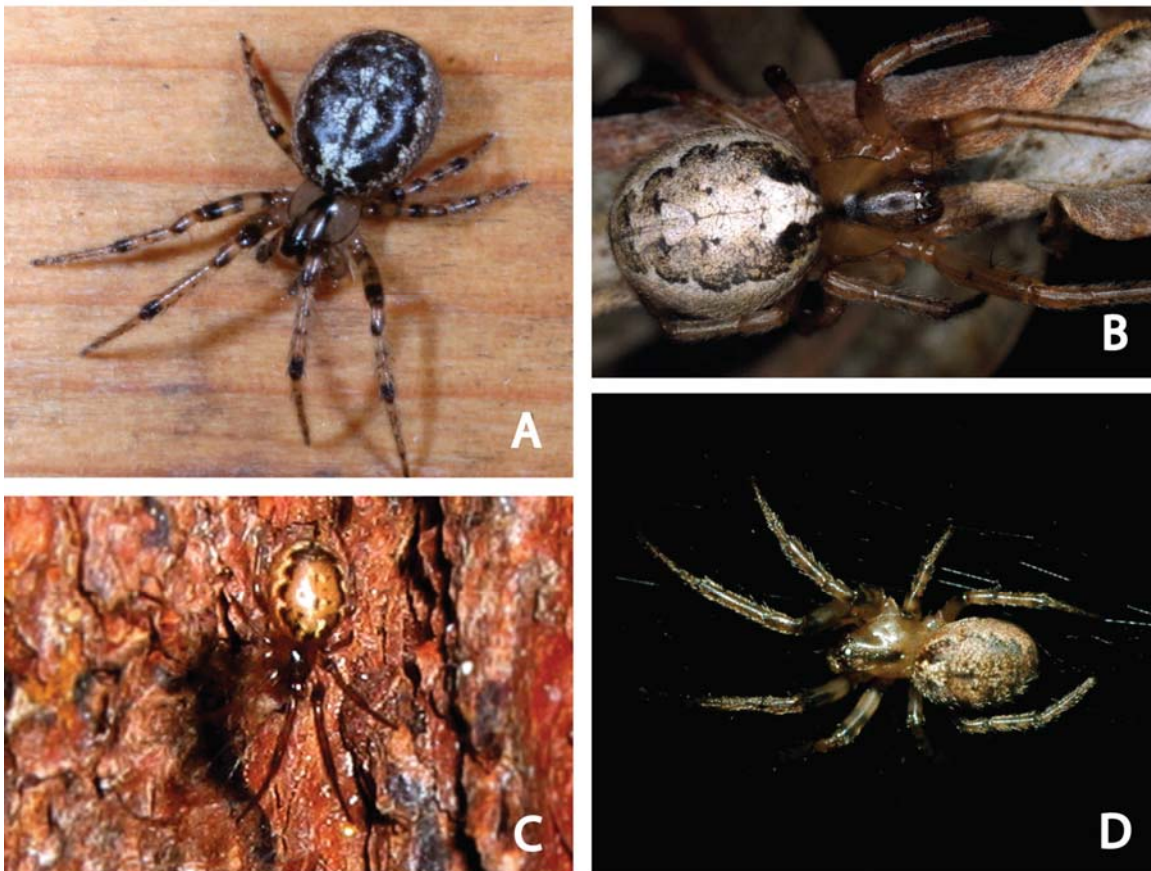
Evolucija in izvor kolesaste mreže sta že več kot sto let predmet številnih diskusij. Dolgo je namreč prevladovalo mnenje, da je kolesasta mreža evolucijski višek pri pajkih, ki izdelujejo mreže (Coddington, 1986; Agnarsson, 2004). Še pred nekaj desetletji pa je veljalo prepričanje, da se je kolesasta mreža razvila skozi naslednje stopnje (Foelix, 1996). Prve mreže naj bi bile zgolj zatočišče, iz katerega so izhajale posamezne niti. Te so se pozneje nekoliko razširile v prostor, kar je pri ekribelatnih pajkih privedlo do tridimenzionalnih mrež, kot jih imajo npr. predstavniki družin Theridiidae in Linyphiidae. Sledila naj bi opustitev primarnega zatočišča, sekundarno zatočišče pa naj bi se nahajalo ob robu mreže ali v njeni neposredni bližini. V teh mrežah bi se naj začele pojavljati kapljice lepila, na katere se je ujemal leteči plen. Kasneje naj bi mreža postala središčna, pajek pa je v takšni mreži sedel v središču. Zadnji korak v evoluciji bi v tem primeru vodil do tipične kolesaste mreže z lepljivo spiralo iz kribelatnega prediva pri kribelatnih pajkih in lepljivega prediva pri ekribelatnih pajkih. Vendar pa se je potrdilo ravno obratno. Kolesasta mreža kot kaže ni višek evolucije mrež, temveč je izvorno »primitivna« stopnja, ki se je razvila samo enkrat in je torej monofiletskega izvora (Coddington, 1986; Griswold s sod., 1998). O tem, da se evolucija ni ustavila pri kolesasti mreži, nazorno pričajo tudi številne modifikacije in redukcije arhitekture mrež znotraj družin, ki sicer praviloma gradijo kolesaste mreže (Foelix, 1996; Griswold s sod. 1998).

V nasprotju z danes sprejeto teorijo o monofiletskem izvoru kolesastih mrež, je dolgo prevladovalo mnenje, da se je kolesasta mreža razvila večkrat. Ideja o monofiletskem

izvoru je pričela pridobivati podporo šele z dokazi o kribelatnih pajkih kot parafiletski skupini in potrditvijo, da je kribelum dejansko izvoren vsem pajkom. Kasnejše raziskave so potrdile, da je naddružina Araneoidea monofiletska, izvorna oblika njihove mreže pa je dejansko kolesasta mreža. Mreže družin skupine Aranoidea, ki ne delajo očitnih kolesastih mrež (takšne so npr. Theridiidae, Linyphiidae, Nesticidae in Mimetidae) pa so to sposobnost ali izgubile, ali pa modificirale kolesasto mrežo do nerazpoznavnosti (Coddington, 1986; Griswold, 1998; Agnarsson, 2004; Kuntner s sod., 2008a).

Raznolikost kolesastih mrež med predstavniki skupine Araneoidea kaže na to, da kolesaste mreže ne bi smeli prepoznavati zgolj po njeni zgradbi. Tako bi namreč lahko prepoznali zgolj kolesaste mreže z značilno arhitekturo in dvodimenzionalno zgradbo, visoko modificiranih kolesastih mrež pa ne. Na kolesasto mrežo je zato treba gledati kot značilno zaporedje vedenjskih vzorcev, ki vključujejo uporabo prediva iz žlez v predilnih bradavicah (Coddington, 1986).

1.4 ROD *Zygiella* IN NJEGOV TAKSONOMSKI STATUS



Slika 2: Slike živih pajkov rodu *Zygiella* s. lat. (A) *Leviellus thorelli*, samica; (B) *Zygiella x-notata*, samica; (C) *Stroemiellus stroemi*, samica; (D) *Parazygiella montana*, samica.

Rod *Zygiella* je uvrščen v družino Araneidae (Platnick, 2008, po Scharff in Coddington, 1997), kamor je bil premeščen iz družine Tetragnathidae (Levi, 1980). Levi (1974), ki je rod revidiral zadnji, je na podlagi različnih morfoloških značilnosti ponovno opisal in ilustriral 15 vrst. Kljub temu, da jih je označil za ozko sorodne, pa je že predvideval, da rod ni monofiletski. Tudi Levy (1987) je komentiral, da je delitev rodu *Zygiella* s. lat. verjetno neizbežna. Wunderlich (2004) je rod končno razdelil v štiri skupine – poleg rodu *Zygiella* še na rodove *Leviellus*, *Parazygiella* in *Stroemiellus* ter predlagal njihovo uvrstitev v samostojno družino Zygiellidae. Kljub temu pa so vsi omenjeni rodovi v nomenklaturi po Platnicku (2008) še vedno uvrščeni v družino Araneidae. Med preostalimi trinajstimi jih pet pripada rodu *Zygiella*, štiri rodu *Leviellus*, tri rodu *Parazygiella* in ena rodu *Stroemiellus*. Poleg tega je v rod *Zygiella* uvrščenih še pet vrst, ki jih Levi leta 1974 ni opisal. Kot smo že omenili, pa sta tako Levi (1987) kot Wunderlich (2004) preivedavala, da rod ni monofiletski, s čimer tudi taksonomija rodu *Zygiella* s. lat. ostaja nejasna. Ker sistematika in nomenklatura araneologov po vsem svetu sledi Platnickovemu katalogu (Platnick, 2008), smo ga tej v nalogi upoštevali tudi mi, kljub temu, da se je od začetka diplomskega dela leta 2006 do danes taksonomski status rodu *Zygiella* s. lat. spremenil.

Vrste rodu *Zygiella* s. lat. so na terenu prepoznavene po karakterističnem manjkajočem sektorju v zgornjem delu mreže (Slike 1, 3, 4 in 5D). Pajek se čez dan skriva v zatočišču, do katerega mimo manjkajočega sektorja vodi signalna nit. Razlog za takšno obliko mreže naj bi bil v ploščati podlagi (stene, skale, lubje dreves ipd.) na kateri ti pajki pletejo mreže, zaradi česar bi pajek v primeru klasične kolesaste mreže težko speljal signalno nit do središča mreže mimo lepljivih spiral (Roberts, 1995; Foelix, 1996). Po izgledu so si vrste med seboj dokaj podobne. Dorzalno na zadku imajo značilen, temen, »smrekast« vzorec na svetlejši podlagi, ventralno pa širok, temen pas. Glavina regija in sredina karapaksa sta ponavadi temneje obarvana, noge pa so pogosto obravane s temnimi obročki. Po morfologiji spolovil so razlike med vrstami večje (Levi, 1974; Levy, 1987).

Rod *Zygiella* s. lat. najdemo v večjem delu Evrope, v Aziji, severni Afriki, severni Ameriki in latinski Ameriki. Nekatere vrste rodu so razširjene lokalno, medtem ko imajo druge palearktično, holarktično in celo neotropsko razširjenost. V Sloveniji so bile ob začetku te diplomske naloge znane naslednje štiri vrste:

- *Leviellus thorelli* (Slika 2A in 5B) – prej *Zygiella thorelli* – (Ausserer, 1871) je razširjena po srednji Evropi (Levi, 1974). Samci dosežejo dolžino telesa 9-10 mm, samice pa 11,5-13,5 mm (Nentwig, 2003). Kot življenjski prostor preferira tople

- habitate, kot so stene kamnitih in lesenih zgradb in skale. Mreža je značilna za rod *Zygiella* s. lat. (Levi, 1974). Odrasle osebke najdemo avgusta in septembra (Levi, 1974; Nentwig, 2003).
- ***Parazygiella montana*** (Slika 2D) – prej *Zygiella montana* – (C. L. Koch, 1834) je tipska vrsta rodu *Parazygiella* s palearktično razširjenostjo (Platnick, 2008). Samci dosežejo dolžino telesa 4-6 mm, samice pa 6-9 mm (Roberts, 1995; Nentwig, 2003). Gre za gorsko vrsto, ki praviloma prebiva med 1300 m in 1800 m nadmorske višine. Najdemo jo na stavbah, skalah in drevesih. Mreža je podobna mreži vrste *Z. x-notata* z 19 do 35 žarki, ima pa zelo širok sektor in grobo središče (Levi, 1974). Odrasli osebki se pojavljajo od junija do jeseni, samice so odrasle celo leto (Levi, 1974; Roberts, 1995; Nentwig, 2003).
 - ***Stroemiellus stroemi*** (Slika 2C in 5A) – prej *Zygiella stroemi* – (Thorell, 1870) je tipska vrsta rodu *Stroemiellus* s palearktično razširjenostjo (Platnick, 2008). Samci dosežejo dolžino telesa 3-4 mm, samice pa 4-5,5 mm (Roberts, 1995; Nentwig, 2003). Mrežo najdemo na deblih borovcev, zatočišče se nahaja pod lubjem (Levi, 1974). V Sloveniji je bila do te naloge znana samo ena lokaliteta te vrste (Kuntner in Kostanjšek, 2000; Kuntner in Šereg, 2002), ki je tudi na seznamu ogroženih rastlinskih in živalskih vrst Slovenije in ima po IUCN klasifikaciji status redke vrste (Uradni list Republike Slovenije, 2002). Odrasle osebke najdemo od maja do jeseni, samice so odrasle celo leto (Levi, 1974; Roberts, 1995; Nentwig, 2003).
 - ***Zygiella x-notata*** (Slika 2B) – prej *Zygiella x-notata* – (Clerck, 1757) je holarktično in neotropsko razširjena vrsta (Platnick, 2008). Samci dosežejo dolžino telesa 3,5-8 mm, samice pa 7-11,5 mm (Roberts, 1995; Nentwig, 2003). Razširjenost vrste je kozmopolitska in je verjetno posledica prenašanja s človekom. Tako se je razširila tudi v Ameriko, kjer je pogosta tako ob atlantski kot tudi tihomorski obali oceana ter celo v Čilu (Levi, 1974). Je verjetno najbolj znana vrsta tega rodu in največkrat uporabljena v drugih študijah. Odrasle osebke najdemo poleti in jeseni na stavbah in ograjah, redkeje na grmih in skalah (Roberts, 1995; Nentwig, 2003).

1.5 NAMEN DELA IN PROBLEMATIKA UPORABNOSTI MREŽ V TAKSONOMIJI IN FILOGENETIKI

Uporabnost vedenjskih znakov v taksonomiji in filogenetiki je bila dolgo predmet razprav, nič drugače pa ni bilo z mrežami (Eberhard, 1982; Scharff in Coddington, 1997; Kuntner s sod., 2008a), ki so pravzaprav le statičen odraz določenega vedenja. Številne študije so pokazale, da so vedenjski vzorci lahko uporabni taksonomski znaki (Eberhard, 1982; Prum, 1990, cit. po Kuntner s sod., 2008a; Scharff in Coddington, 1997; Griswold

s sod., 1998; Price in Lanyon, 2002; Agnarsson, 2004; Benjamin in Zschokke, 2004; Freudenstein, 2005; Kuntner, 2005, 2006, 2007; Kuntner s sod., 2008a). Kolesaste mreže in vedenje pri gradnji le-teh so kompleksni, očitno stereotipni znaki in so kot taki že v preteklosti obetali uporabnost v taksonomiji. Mreže so neposredno udeležene pri interakciji pajka z okoljem, veliko lastnosti pa je lahko evolucijsko nekonzervativnih, kar pa ne pomeni, da nekatere podrobnosti v mreži in njeni gradnji niso evolucijsko konzervativne in tako uporabni taksonomski znaki (Eberhard, 1982; Benjamin in Zschokke, 2004; Kuntner, 2005, 2006, 2007; Kuntner s sod., 2008a). Zaradi tega je pri izbiri znakov, ki jih želimo uporabiti, potrebna pazljivost. Čeprav tako pri kolesastih kot tudi pri drugih tipih mrež najdemo številne divergentne in konvergentne lastnosti med skupinami, je kljub temu mogoče najti lastnosti mreže, zancilne za družine, rodove in celo skupine znotraj rodov (Eberhard, 1990). Tako je npr. vse rodove znotraj družine Nephilidae možno diagnosticirati po znakih iz arhitekture mrež, ki so hkrati tudi sinapomorfije posameznih skupin (Kuntner, 2005, 2006, 2007; Kuntner s sod., 2008a). Slednje je potrdil tudi Eberhard (1982) s svojo študijo evolucije skupine Araneoidea, ki je zasnovana izključno na vedenjskih znakih, ki še danes služijo kot sinapomorfije njenih glavnih kladov.

Namen naloge je:

- preveriti, ali se taksonomija rodu *Zygiella* s. lat. ujema z vedenjskimi znaki oz. ali se vedenjski znaki bolj razlikujejo interspecifično kot intraspecifično,
- preveriti, kateri vedenjski znaki so uporabni v taksonomski diagnostiki in ali je kateri od njih potencialno uporaben v filogenetiki,
- ugotoviti, katere vrste rodu se pojavljajo na območju Slovenije,
- oceniti razširjenost posameznih vrst rodu v Sloveniji in njihovo sezonsko pojavljanje.

2 MATERIAL IN METODE

2.1 TERENSKO DELO

S terenskimi raziskavami smo želeli ugotoviti prisotnost za Slovenijo navedenih vrst in oceniti območja njihove razširjenosti ter ekološke značilnosti. Časovno je terensko delo potekalo v sezonah 2006 in 2007. Večinoma po Sloveniji pa tudi na Hrvaškem smo izbrane lastnosti mrež merili na 26 lokalitetah (glej seznam lokalitet) in opazovali tudi ekologijo vrst ter njihovo vedenje, na sedmih lokalitetah pa smo samo preverili prisotnost vrst in opazovali njihovo ekologijo. Ekoloških preferenc posameznih vrst nismo ovrednotili številčno, temveč opisno, ustrezno temu so podani tudi rezultati.

2.1.1 Seznam lokalitet

Zaporedni številki sledi opis lokalitete ali najbližji kraj, občina, v kateri je lokaliteta, koordinate, nadmorska višina in datum.

1. Rošpoh 198, Kamnica; koordinate: N 46° 36' 31.6" E 15° 37' 35.4"; nad. v. 277 m; 15. 8. 2006
2. Kozjak 109, Kungota; koordinate: N 46° 36' 34.4" E 15° 37' 59.2"; nad. v. 268 m; 15. 8. 2006
3. strelišče Maribor, Maribor; koordinate: N 46° 32' 10.4" E 15° 36' 39.2"; nad. v. 303 m; 16. 8. 2006, 16. 8. 2006, 23. 8. 2006
4. Rošpoh 153, Kungota; koordinate: N 46° 32' 32.9" E 15° 38' 14.9"; nad. v. 286 m; 19. 8. 2006
5. Obrež 48, Središče ob Dravi; koordinate: N 46° 23' 54.32" E 16° 14' 0.63"; nad. v. 186 m; 21. 8. 2006
6. Grabe, Središče ob Dravi; koordinate: N 46° 23' 54.3" E 16° 14' 0.4"; nad. v. 186 m; 21. 8. 2006
7. Sp. Vrtiče 20, Kungota; koordinate: N 46° 39' 24.4" E 15° 37' 59"; nad. v. 383 m; 23. 8. 2006
8. Kremenica, Ig; koordinate: N 45° 56' 29.3" E 14° 32' 52.9"; nad. v. 308 m; 12. 9. 2006
9. Sevno pri Novem mestu; koordinate: N 45° 49' 58.2" E 15° 11' 44.09"; nad. v. 192 m; 14. 9. 2006

10. Obrež, okolica, Središče ob Dravi; koordinate: N 46° 24' 22.2" E 16° 14' 28.4"; nad. v. 196 m; 7. 10. 2006, 14. 10. 2006
11. Sp. Prapreče, Lukovica; koordinate: N 46° 9' 42.41" E 14° 41' 37"; nad. v. 351 m; 10. 10. 2006
12. Ajdovščina, Ajdovščina; koordinate: N 45° 53' 12.6" E 13° 54' 31.8"; nad. v. 105 m; 24. 10. 2006
13. Vipava, Vipava; koordinate: N 45° 50' 46.1" E 13° 58' 02"; nad. v. 103 m; 24. 10. 2006
14. Strunjan, Piran; koordinate: N 45° 32' 08.6" E 13° 36' 40.7"; nad. v. 45 m; 24. 10. 2006
15. Strunjan, Piran; koordinate: N 45° 32' 16.1" E 13° 36' 47.3"; nad. v. 57 m; 24. 10. 2006, 19. 1. 2007, 25. 9. 2007
16. Cigonca, Slovenska Bistrica; koordinate: N 46° 22' 13.7" E 15° 34' 30.9"; nad. v. 266 m; 13. 8. 2007, 27. 8. 2007
17. Vukovje, Pesnica; koordinate: N 46° 35' 52.8" E 15° 43' 30.2"; nad. v. 283 m; 21. 8. 2007
18. Rošpoh, Kungota; koordinate: N 46° 35' 28.32" E 15° 37' 5.25"; nad. v. 318m; 25. 8. 2007
19. Goreljek, okolica, Bohinj; koordinate: N 46° 21' 0.27" E 13° 59' 3.6"; nad. v. 1213 m; 12. 9. 2007
20. Goreljek, Bohinj; koordinate: N 46° 20' 13.45" E 13° 57' 49.41"; nad. v. 1275 m; 16. 5. 2007, 12. 9. 2007
21. Goreljek, Bohinj; koordinate: N 46° 19' 41.01" E 13° 58' 27.61"; nad. v. 1264 m; 16. 10. 2007
22. Krvavec, Cerklje na Gorenjskem; koordinate: N 46° 17' 28.3" E 14° 32' 05.4"; nad. v. 1417 m; 24. 9. 2007
23. otok Lastovo, Hrvaška; koordinate: N 42° 43' 36.1" E 16° 53' 04.9"; nad. v. 27 m; 3. 10. 2007
24. Lj. Barje, Ljubljana; koordinate: N 45° 59' 23.67" E 14° 30' 41.96"; nad. v. 329 m; 15. 10. 2007, 17. 10. 2007, 23. 10. 2007

25. Kremenica, Ig; koordinate: N 45° 56' 29.3" E 14° 32' 52.9"; nad. v. 308 m; 17. 10. 2007
26. Dekani, Koper; koordinate: N 45° 33' 1.04'' E 13° 48' 40.53''; nad. v. 62 m; 18. 10. 2007
27. Cerknica, Cekrnica; koordinate: N 45° 46' 37.21" E 14° 21' 38.07"; nadm. v. 554 m; 22. 7. 2006
28. Nova Gorica, Nova Gorica; koordinate: N 45° 56' 31.02" E 13° 38' 12.33"; nadm. v. 168 m; 6. 11. 2006
29. Tolmin, Tolmin; koordinate: N 46° 11' 3.42" E 13° 43' 55.89"; nadm. v. 116 m; 13. 9. 2007
30. Veliki Podlog, Krško; koordinate: N 45° 53' 54.93" E 15° 27' 22.69"; nadm. v. 155 m; 14. 4. 2007
31. Vransko, Vransko; koordinate: N 46° 14' 45.5" E 14° 56' 27.2"; nadm. v. 351 m; 29. 7. 2007
32. Cerklje na Gorenjskem, Cerklje na Gorenjskem; koordinate: N 46° 14' 51.28" E 14° 29' 9.83"; nadm. v. 403 m; 24. 9. 2007
33. Velike Žablje, Ajdovščina; koordinate: N 45° 52' 0.59" E 13° 51' 6.93", nadm. v. 85 m; 17. 5. 2008

2.2 IZBOR VEDENJSKIH ZNAKOV

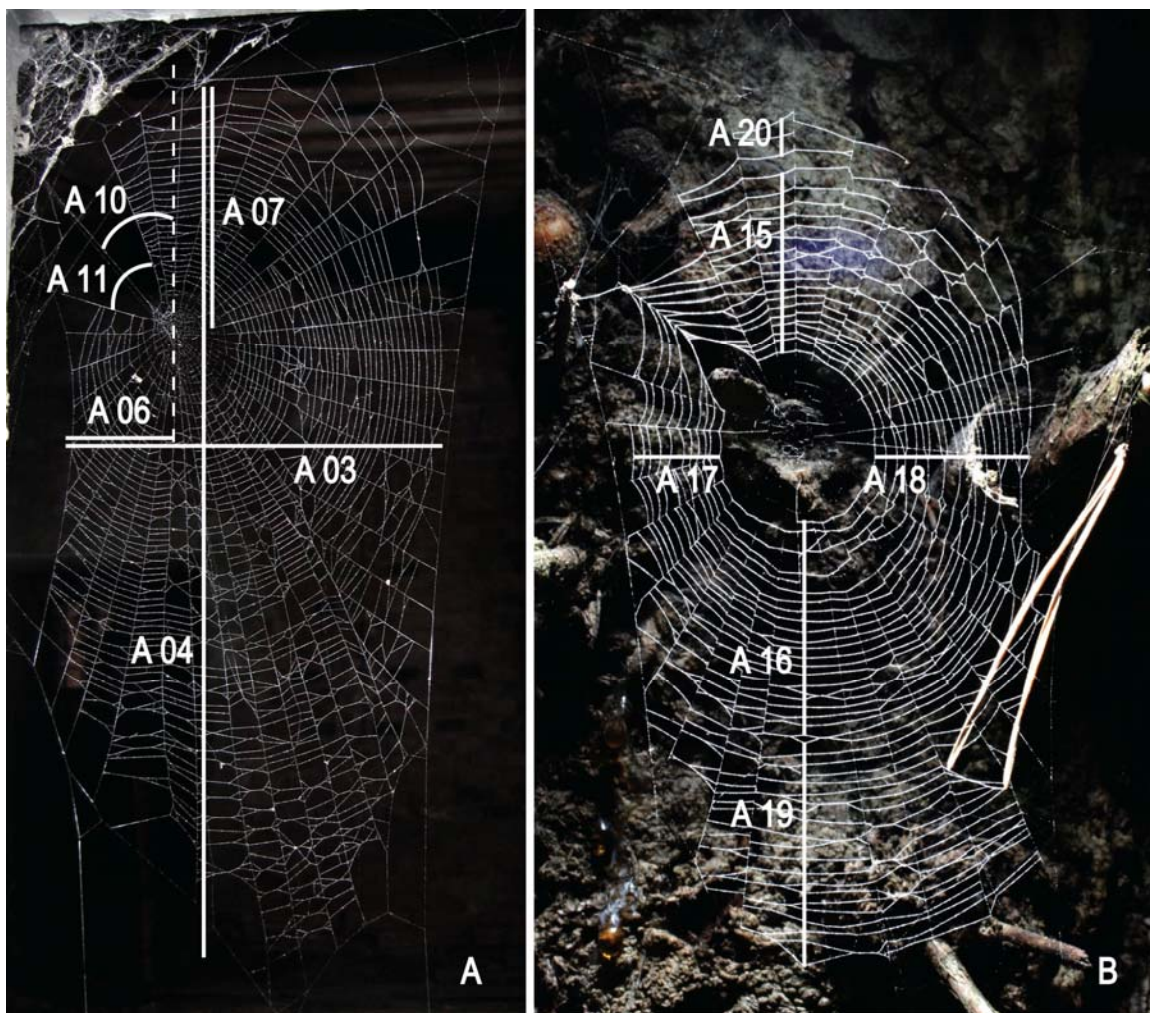
Iz filogenetske literature za skupino Araneoidea (Eberhard, 1982; Griswold s sod., 1998; Kuntner, 2005, 2006, 2007; Kuntner s sod., 2008a, 2008b) smo že predhodno izbrali in modificirali približno 35 znakov. Med nastajanjem naloge smo nato nekatere znake dodali, nekaj znakov smo prilagodili, tiste, ki so se v primeru rodu *Zygiella* izkazali za neinformativne, pa smo iz analize izpustili. Tako je naša analiza temeljila na 21 merjenih in 10 kombiniranih znakih (glej seznam vedenjskih znakov). Izmerili smo 289 mrež, od katehrih smo jih v analizi uporabili 278 - 88 mrež *L. thorelli*, 71 mrež *P. montana*, 36 mrež *S. stroemi*, 39 mrež *Z. keyserling* in 44 mrež *Z. x-notata*. Rezultati meritev znakov pri posameznih vrstah, skupaj s povprečji in standardnimi odkloni, so podani v Prilogi 1.

2.2.1 Seznam vedenjskih znakov

Z izrazom mreža v nalogi označujemo del mreže z lepljivo spiralo, torej brez delov žarkov, kjer lepljive spirale ni, brez okvirja in brez delov, ki mrežo pripenjajo na podlago. Izraz »lepljiva spirala, ki kroži po mreži« se nanaša na spiralo, ki kroži vsaj po tretjini

mreže, medtem ko se izraz »lepljiva spirala, ki ne kroži po mreži« nanaša na lepljivo spiralo, ki kroži po manj kot tretjini mreže. Levi in desni rob mreže sta določena glede na sprednjo stran mreže, torej stran, ki je obranjena stran od zatočišča. V primeru, ko je zatočišče neposredno nad mrežo, je sprednja stran mreže opredeljena kot tista, na kateri se običajno zadržuje pajek.

2.2.1.1 Merjeni znaki



Slika 3: Na slikah prikazani nekateri merjeni znaki. (A) mreža *L. thorelli* z označenimi znaki A03, A04, A06, A07, A10 in A11; (B) mreža *S. stroemi*, brez manjkajočega sektorja, z označenimi znaki A15 do A20.

1. Smer mreže (A01) (prirejeno po Kuntner s sod., 2008b)
 - S kompasom smo določili smer sprednje strani mreže.

- Stanja: S(1): $337,5^{\circ}$ - $22,5^{\circ}$; SV(2): $22,5^{\circ}$ - $67,5^{\circ}$; V(3): $67,5^{\circ}$ - $112,5^{\circ}$; JV(4): $112,5^{\circ}$ - $157,5^{\circ}$; J(5): $157,5^{\circ}$ - $202,5^{\circ}$; JZ(6): $202,5^{\circ}$ - $247,5^{\circ}$; Z(7): $247,5^{\circ}$ - $292,5^{\circ}$; SZ(8): $292,5^{\circ}$ - $337,5^{\circ}$.

- 2. Oblika mreže (A02)
 - Stranska robova sta navpični niti primarnega okvirja (Slika 4B in 4C).
 - Stanja: (0) stranska robova se v smeri navzdol približujeta; (1) stranska robova sta vzporedna; (2) stranska robova se v smeri navzdol oddaljujeta.

- 3. Širina mreže (A03) (Kuntner s sod., 2008a)
 - Merili smo širino mreže (Slika 3A).
 - Enota: cm.

- 4. Višina mreže (A04) (Kuntner s sod., 2008a)
 - Merili smo višino mreže (Slika 3A).
 - Enota: cm.

- 5. Središče – zgornji rob (A05) (Kuntner s sod., 2008a)
 - Merili smo razdaljo med središčem in zgornjim robom mreže (Slika 3A).
 - Enota: cm.

- 6. Središče – stranski rob (A06)
 - Merili smo razdaljo med središčem in stranskim robom mreže. Izbrali smo zatočišču bližji stranski rob oz. upoštevali krajšo razdaljo, če je bilo zatočišče nad središčem (Slika 3A).
 - Enota: cm.

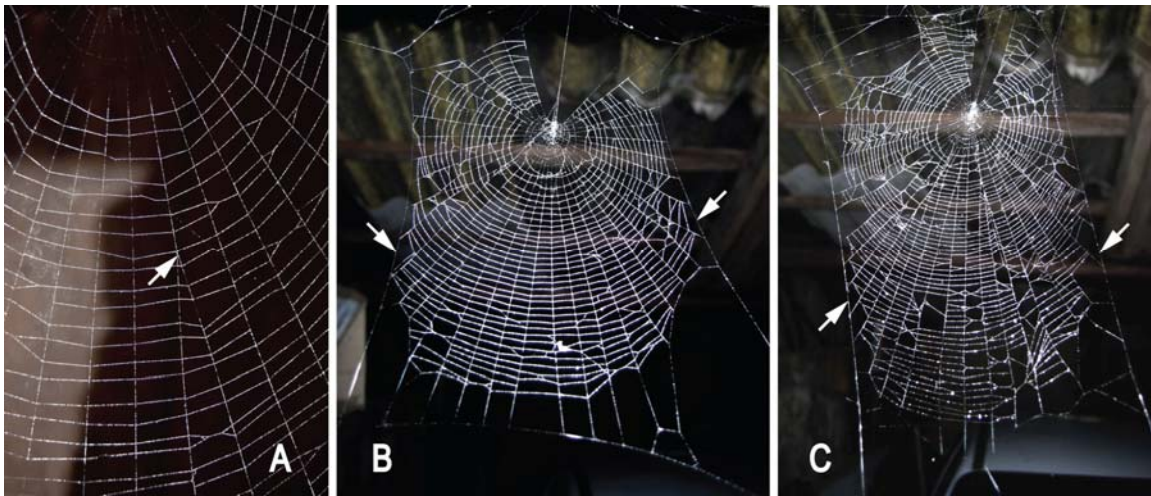
- 7. Oddaljenost mreže od tal (A07) (Kuntner s sod., 2008a)
 - Merili smo razdaljo med središčem mreže in prvo vodoravno podlago pod mrežo.
 - Enota: cm.

- 8. Manjkajoči sektor (A08)
 - Manjkajoči sektor. O odotnosti manjkajočega sektorja govorimo, ko je lepljiva spirala enakomerno speljana v celotnem krogu, torej preko vseh sektorjev mreže. Sektor je prisoten, ko v enem sektorju mreže ni nobene niti lepljive spirale. Nakazan pa je takrat, ko je sketor sicer viden, a preko njega poteka nekaj lepljivih spiral (Slike 1, 3B in 6C).
 - Stanja: (0) odsoten; (1) nakazan; (2) prisoten.

- 9. Oddaljenost zatočišča od mreže (A09)

- Merili smo dolžino signalne niti od središča mreže do zatočišča (Slika 1 in 5D).
 - Enota: cm.
10. Kot signalne niti (A10)
 - Merili smo kot med signalno nitjo in namišljeno navpično osjo mreže (Slika 3A).
 - Enota: kotne stopinje.
 11. Kot manjkajočega sektorja (A11)
 - Merili smo kot med žarkoma, ki omejujeta manjkajoči sektor (Slika 4A).
 - Enota: kotne stopinje.
 12. Št. primarnih žarkov (A12)
 - Šteli smo primarne žarke (Slika 1).
 13. Sekundarni žarki (A13) (Kuntner s sod., 2008a)
 - Ugotavljali smo prisotnost sekundarnih žarkov (Slika 1 in 4A).
 - Stanja: (0) odsotni; (1) prisotni.
 14. Terciarni žarki (A14) (Kuntner s sod., 2008a)
 - Ugotavljali smo prisotnost terciarnih žarkov.
 - Stanja: (0) odsotni; (1) prisotni.
 15. Št. niti lepljive spirale, ki krožijo nad središčem (A15)
 - Šteli smo niti lepljive spirale, ki krožijo med središčem in zgornjim robom mreže (Slika 3B).
 16. Št. niti lepljive spirale, ki krožijo pod središčem (A16)
 - Šteli smo niti lepljive spirale, ki krožijo med središčem in spodnjim robom mreže (Slika 3B).
 17. Št. niti lepljive spirale, ki krožijo levo od središča (A17)
 - Šteli smo niti lepljive spirale, ki krožijo med središčem in levim robom mreže (Slika 3B).
 18. Št. niti lepljive spirale, ki krožijo desno od središča (A18)
 - Šteli smo niti lepljive spirale, ki krožijo med središčem in desnim robom mreže (Slika 3B).
 19. Št. niti lepljive spirale, ki ne krožijo pod središčem (A19)
 - Šteli smo niti lepljive spirale, ki ne krožijo med središčem in spodnjim robom mreže (Slika 3B).

20. Št. niti lepljive spirale, ki ne krožijo nad središčem(A20)
 - Šteli smo niti lepljive spirale, ki ne krožijo med središčem in zgornjim robom mreže (Slika 3B).
21. Velikost (A21)
 - Merili smo skupno dolžino patele in tibije noge, kar odraža velikost pajka.
 - Enota: mm.



Slika 4: Na slikah prikazani nekateri merjeni znaki. (A) mreža *P. montana* z označenim sekundarnim žarkom; (B) mreža *L. thorelli* z navzdol oddaljujočima se robovoma (znak A02); (C) mreža *L. thorelli* z navzdol bližajočima se robovoma (znak A02).

2.2.1.2 Kombinirani znaki

22. Vertikalna asimetrija središča (B01) (Blackledge in Gillespie, 2002)
 - Mera za vertikalni odmik središča mreže iz geometrijskega središča: $1 - (A05/A04)$. Indeks višji od 0,5 pomeni, da je središče mreže nad geometrijskim središčem, ko je nižji od 0,5, je ta pod njim, in ko je enak 0,5, je natanko v geometrijskem središču.
23. Horizontalna asimetrija središča (B02)
 - Mera za horizontalno pomaknjenost središča mreže iz geometrijskega središča: $A06/A03$. Indeks nižji od 0,5 pomeni, da je središče mreže od geometrijskega središča pomaknjeno proti zatočišču, ko je višji od 0,5, je to pomaknjeno od zatočišča, in ko je indeks 0,5, je središče mreže natanko v geometrijskem središču.
24. Št. niti lepljive spirale vertikalno (B03)

- Šteli smo število niti lepljive spirale po višini mreže: $A_{15}+A_{16}+A_{19}+A_{20}$.
- 25. Št. niti lepljive spirale horizontalno (B04)
 - Šteli smo število niti lepljive spirale po širini mreže: $A_{17}+A_{18}$.
- 26. Gostota mreže po višini (B05)
 - Razmerje med številom lepljivih spiral in višino mreže: B_{03}/A_{04} .
 - Enota: št. niti lepljive spirale / cm.
- 27. Gostota mreže po širini (B06)
 - Razmerje med številom lepljivih spiral in širino mreže: B_{04}/A_{03} .
 - Enota: št. niti lepljive spirale / cm.
- 28. »Ladder index« (B07) (Kuntner, 2008b)
 - Razmerje med višino in širino mreže: A_{04}/A_{03} .
 - Indeks enak 1 pomeni, da je mreža povsem okrogla. Višji kot je indeks, bolj lestvičasta je mreža.
- 29. Površina mreže (B08) (prirejeno po Blackledge in Gillespie, 2002)
 - Izračunana po formuli za površino elipse: $(A_{03}/2)*(A_{04}/2)*\pi$.
 - Enota: cm^2
- 30. Asimetrija mreže (B09) (Blackledge in Gillespie, 2002)
 - Razmerje med širino in višino mreže: $1-(A_{03}/A_{04})$.
 - V primeru, ko je indeks enak 0, je mreža okrogla. Ko je indeks višji od 0 je mreža razpotegnjena v vodoravni smeri in ko je nižji od 0 je razpotrtnjena v navpični smeri.
- 31. Relativna velikost mreže (B10)
 - Površina mreže glede na velikost pajka: B_{08}/A_{21} .

2.3 MERITVE

Na lokalitetah smo pregledali stavbe in rastje v okolici ter bližnje gozdove, če so bili ti prisotni. Med mrežami smo izbirali tiste, pri katerih smo lahko izmerili vse merjene znake (glej Seznam znakov). Merili smo le mreže odraslih in v nekaterih primerih tudi subadultnih osebkov (t. j. osebkov, ki jim do spolne zrelosti manjka le ena levitev), čeprav smo poskušali karseda omejiti število slednjih. Zaradi boljše vidljivosti stuktur v mrežah smo te naprašili s koruznim škrobom. Vse merjene znake (glej seznam znakov), razen velikosti pajka, smo z metrom, kompasom in kotomerom izmerili na terenu. Mreže smo tudi fotografirali. Pajke smo za kasnejšo determinacijo pobrali z mrež in jih shranili v 70% ali 96% etanolu. Determinacijo in meritve pajkov smo izvedli v laboratoriju. Pri

determinaciji smo si pomagali z različnimi določevalnimi ključi (Roberts, 1995; Nentwig s sod., 2003) in z Levijevo (1974) revizijo rodu *Zygiella*. Material je shranjen na Biološkem inštitutu Jovana Hadžija, ZRC SAZU.

2.4 OBDELAVA PODATKOV

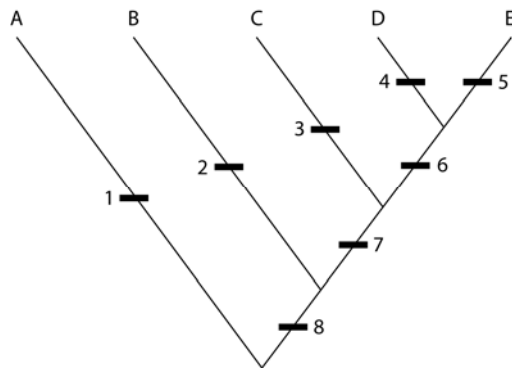
Podatke smo statistično obdelali s programom SPSS (verzija 13.0, SPSS Inc.). Zaradi odsotnosti normalne porazdelitve nekaterih znakov smo za analizo uporabili neparametrična testa Kruskall-Wallis in Man-Whitney U Test.

Man-Whitney ali Wilcoxonov test je neparametrični statistični test, ki uporablja U statistiko. Z njim preverjamo ujemanje porazdelitev. Ničelna hipoteza je, da vzorca pripadata isti populaciji, torej da imata isto verjetnostno porazdelitev. Test zahteva, da sta vzorca neodvisna in znaki ordinalni ali zvezni. Ne potrebuje pa predpostavke o obliki porazdelitve (SPSS, 2004).

Kruskall-Wallisova enosmerna analiza variance je neparametrični test za preverjanje enakosti median med skupinami. Omenjeni test ne temelji na posameznih podatkih, temveč podatke rangira, primerjavo skupin pa izvaja na podlagi njihovih median. Test je razširitev Mann-Whitney U testa na 3 skupine ali več, ki pa ne omogoča razlikovanja med različnimi oblikami porazdelitev pri posameznih skupinah, saj razlikuje le med medianami (SPSS, 2004).

2.5 DIAGNOSTIČNI IN FILOGENETSKO INFORMATIVNI ZNAKI

Cilj naloge je bil med drugim tudi preveriti diagnostično uporabnost opazovanih vedenjskih znakov v taksonomiji, kot tudi njihovo morebitno filogenetsko uporabnost. Diagnostični znaki (Slika 5) so v bistvu fenetski znaki, torej tisti, ki združujejo organizme po podobnosti/različnosti, ne glede na njihovo evlucijsko sorodnost – gre torej zgolj za diagnosticiranje posameznih taksonov (Schuh, 2000). Za razliko od slednjih, so kladistični ali filogenetski znaki (Slika 5) tisti, ki lahko potrdijo predhodno postavko o sorodnosti (Stace, 1991; Schuh, 2000). Potencialno filogenetsko informativni znaki so torej tisti, ki združujejo taksone v skupine in nakazujejo njihov skupen izvor. V praksi diagnostični znaki opisujejo končno točko ali skupino le-teh, znotraj katere je stanje znaka uniformno, filogenetski znaki pa so tisti, katerih stanje znaka definira skupino, se pa lahko še spremeni na vejah znotraj skupine. Filogenetski znak je torej lahko diagnostičen tudi za skupino, če se na vejah znotraj te stanje znaka ni spremenilo.



Slika 5: Filogenetsko drevo z označenimi diagnostičnimi (znaki 1 do 5) in filogenetsko uporabnimi (znaki 6 do 8) znaki.

3 REZULTATI

V letih 2006 in 2007 smo meritve izvajali na skupno 32 različnih lokalitetah v Sloveniji (Slika 8) in eni lokaliteti na Hrvaškem. Poleg štirih v Sloveniji poznanih vrst (*Leviellus thorelli*, *Parazygiella montana*, *Stroemiellus stroemi* in *Zygiella x-notata*) smo na lokalitetah 15 in 26 našli tudi vrsto *Zygiella keyserlingi* (Ausserer, 1871), kar je za Slovenijo nov podatek (Tabela 2).

Tabela 2: Seznam vrst in njihova prisotnost na lokalitetah.

Vrsta	Lokaliteta
<i>L. thorelli</i>	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 17, 18, 25, 27, 30, 31, 32
<i>P. montana</i>	19, 20, 21, 22
<i>S. stroemi</i>	10, 16, 24, 33
<i>Z. keyserlingi</i>	15, 26
<i>Z. x-notata</i>	12, 13, 14, 15, 23, 26, 28, 29

3.1 RAZŠIRJENOST IN BIOLOGIJA VRST

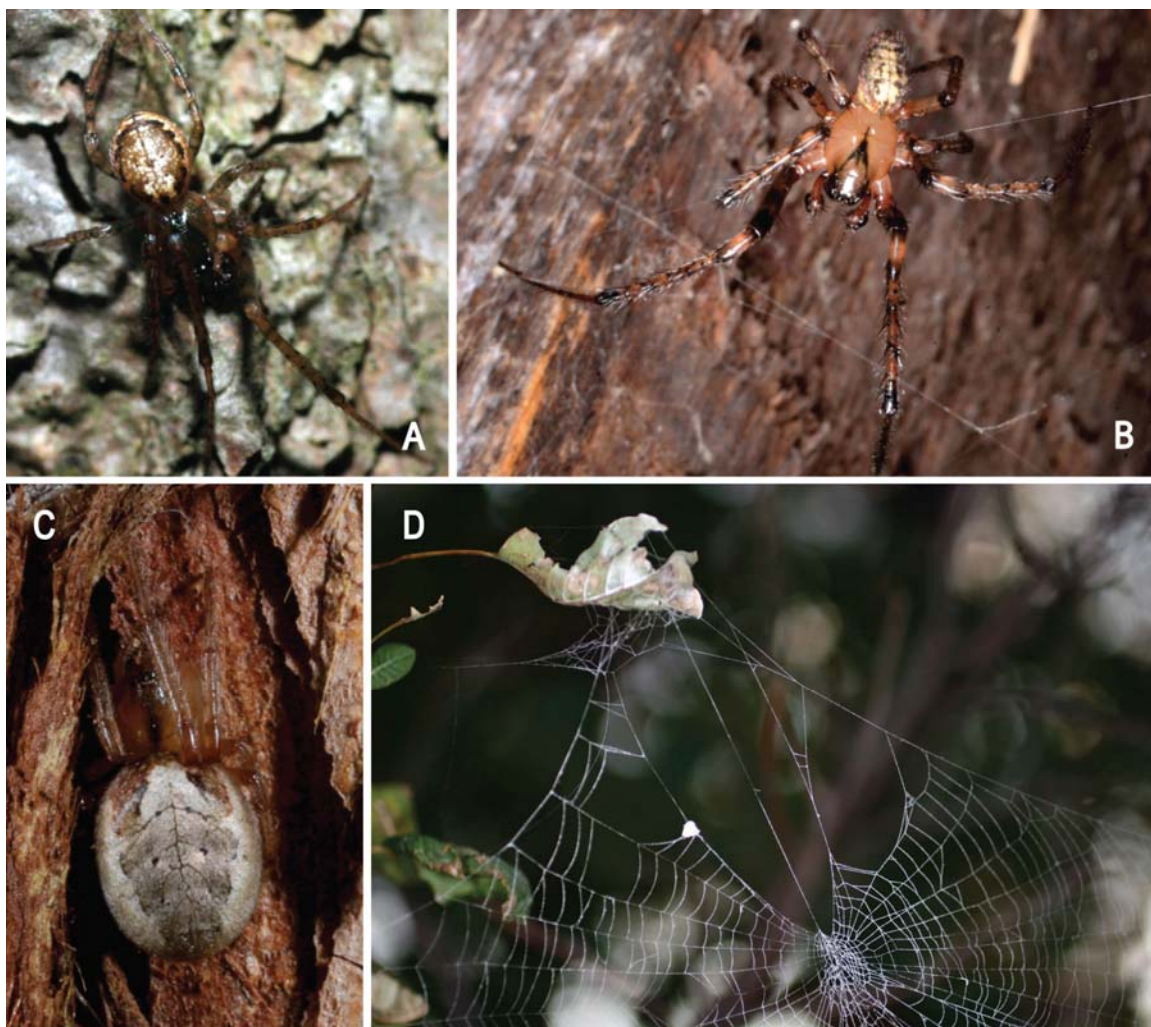
Leviellus thorelli (Ausserer, 1871) (Slika 2A, 5B in 6B) je razširjena od Podravja na severovzhodu in Dolenjske na jugovzhodu, preko Štajerske do Notranjske in Gorenjske (Slika 8, Tabela 2). Pojavljajo se na vseh vrstah stavb, ne glede na material. Na vseh lokalitetah so bili osebki izključno na stavbah. Odrasle samice so se začele pojavljati julija, samci avgusta, oboji pa so izginili do konca oktobra.

Parazygiella montana (C. L. Koch, 1834) (Slika 2D in 6D) je v Sloveniji razširjena v Alpah nad 1200 m nadmorske višine (Slika 8, Tabela 2). Pojavlja se na vseh vrstah stavb, ne glede na material. Na vseh lokalitetah jih na okolnem rastju ni bilo. En osebek smo vseeno naključno našli na deblu podrte smreke, kjer pa v bližini ni bilo naselij. V vseh mesecih terenskega dela v hribih (od maja do konca oktobra) so se pojavljale odrasle samice. Samci so se pojavljali septembra in oktobra.

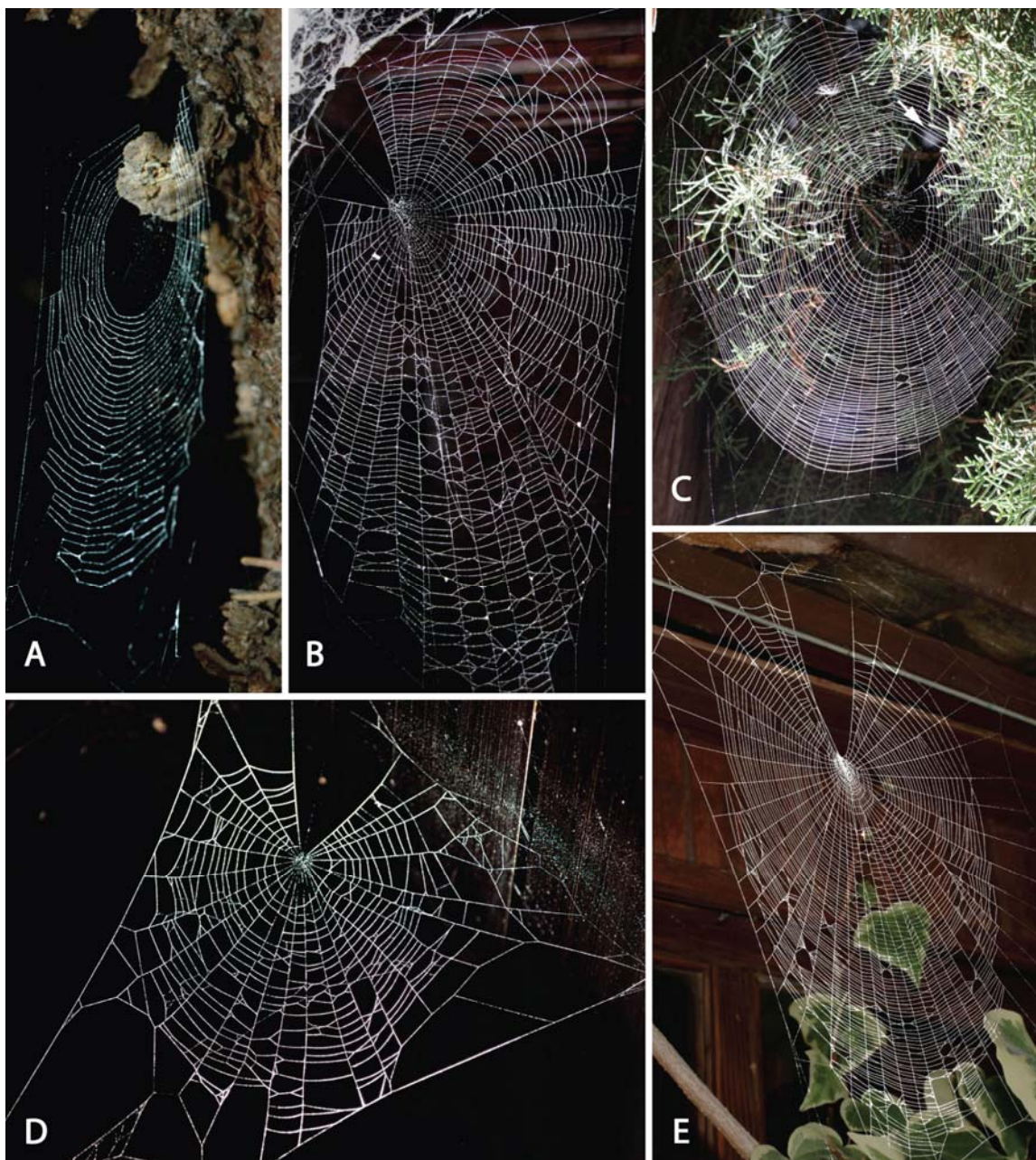
Stroemiellus stroemi (Thorell, 1870) (Slika 2C, 5A in 6A) je v Sloveniji znana iz Podravja, Štajerske, Notranjske in Primorske (Slika 8, Tabela 2). Na vseh lokalitetah se pojavlja le na starih drevesih z velikim obsegom debla in grobim lubjem. Najpogosteje se pojavlja na deblih rdečega bora *Pinus sylvestris*, ponekod občasno tudi na deblih navadne smreke *Picea abies*. Dva osebka smo našli na robiniji *Robinia pseudoacacia* in enega na vrbi *Salix sp.* Mreže so zgrajene večinoma med razbrazdanim lubjem na deblu, včasih tudi med deblom in vejo. Zatočišče imajo običajno pod lubjem. En osebek smo našli tudi na leseni lopi. Odrasle samice so se začele pojavljati julija, samci konec avgusta ali začetek septembra, oboji pa so izginili do konca oktobra.

Zygiella keyserlingi (Ausserer, 1871) (Slika 5C, 5D in 6C) je razširjena v južni Evropi (Platnick, 2008). V Sloveniji se pojavlja le na obali (Slika 8, Tabela 2). Večinoma jo najdemo na različni vegetaciji, redkeje tudi na stavbah. Odrasle samice se na obali pojavljajo celo leto, v notranjosti pa jih pozimi nismo našli. Odrasli samci se pojavljajo od septembra do oktobra.

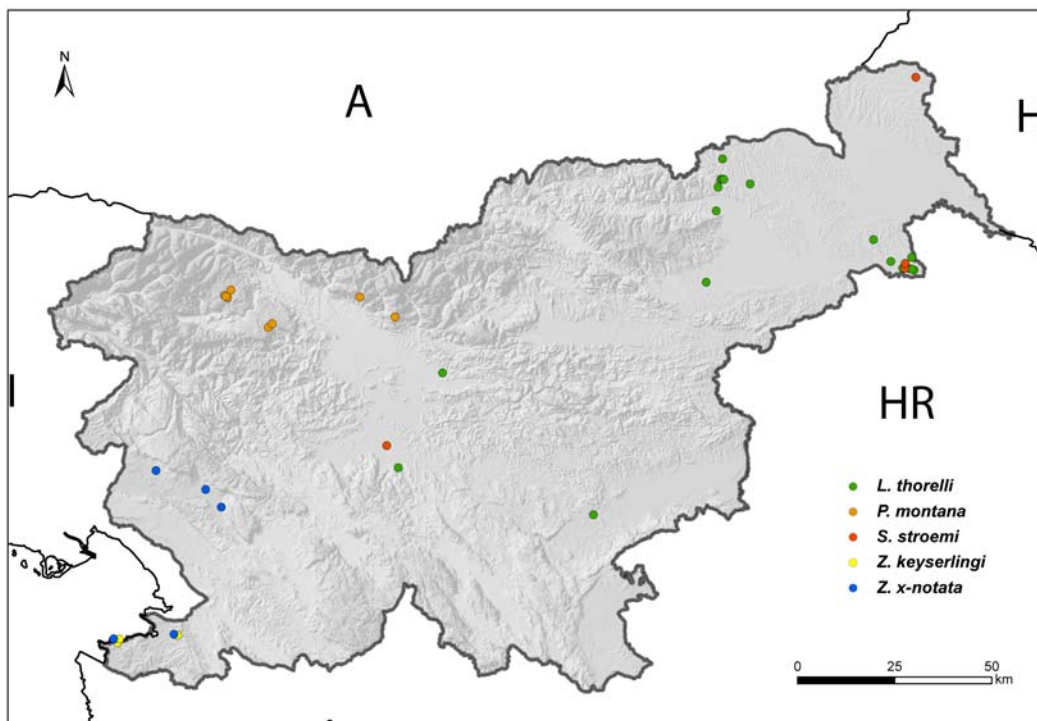
Zygiella x-notata (Clerck, 1757) (Slika 2B in 6E) je v Sloveniji razširjena na Primorskem (Slika 8, Tabela 2). Pojavlja se na zgradbah z različnega materiala ter na različni vegetaciji. Odrasle samice se ob morju pojavljajo celo leto, proti notranjosti se pozimi ne pojavljalo. Vse samce smo našli oktobra.



Slika 6: V naravi slikane vrste rodu *Zygiella* s lat. A) *S. stroemi*, samec; (B) *L. thorelli*, samec; (C) *Z. keyserlingi*, samica, nov podatek za Slovenijo; (D) *Z. keyserlingi* z zatočiščem v listu, do katerega vodi signalna nit.



Slika 7: V naravi slikane mreže rodu *Zygiella* s lat. (A) mreža *S. stroemi* je praviloma postavljena ob lubje; (B) mreža *L. thorelli* ob stavbi; (C) mreža *Z. keyserlingi* z nakazanim sektorjem (puščica); (D) mreža *P. montana* na brunarici; (E) mreža *Z. x-notata* ob stavbi.



Slika 8: Karta podatkov o vrstah rodu *Zygiella* s lat. v Sloveniji.

3.2 TAKSONOMIJA

Podani grafi prikazujejo posamezne znake za primerjane vrste. Grafi imajo enotno označevanje razlike ali podobnosti znakov med vrstami. Tako je v zgornjem levem robu vsakega grafa podan rezultat Kruskall-Wallisove enosmerne analize v obliki vrednosti »p«. V primeru, ko je $p < 0,005$, je statistično značilna razlika določenega znaka prisotna vsaj med dvema primerjanima vrstama in podrobnejše odnose podajajo rezultati Man-Whitney-evega U testa. V primeru, ko je $p > 0,005$, razlike znakov med vrstami niso statistično značilne in v tem priemeru Man-Whitney-ev U test ni potreben. V grafih so rezultati Man-Whitney U testa prikazani s črkami nad stolpci, ki prikazujejo stanje znaka. V primeru, ko imajo take vrste skupno veliko tiskano črko, to pomeni, da med njimi za ta znak ni statistično značilnih razlik ($p > 0,005$). Če imajo vrste skupno majhno tiskano črko (v tem primeru velika tiskana črka ni pomembna), to pomeni, da razlika v tem znaku sicer ni statistično značilna, temveč gre zagolj za trend ($0,005 < p < 0,010$). Če vrste nimajo skupne črke, pa je razlika v tem znaku med vrstami statistično značilna ($p < 0,005$). Če vrsta nima črke to pomeni, da se v tem znaku statistično značilno razlikuje od vseh ostalih vrst. Za tako nizko vrednost »p« smo se odločili zaradi velike natančnosti, ki

je potrebna pri taksonomski diagnostiki, še posebej, ker se je izkazala za uporabno ob predhodnih analizah z našimi znaki.

Znaki A01 (Smer mreže), A10 (Kot signalne niti) in A14 (Število terciarnih žarkov) niso grafično prikazani. Razlike med vrstami za te znake tudi niso statistično značilne. Rezultat Kruskal-Wallisove enosmerne analize za znak A01 je $p=0,156$, za znak A10 je $p=0,583$ in za A14 $p=0,613$.

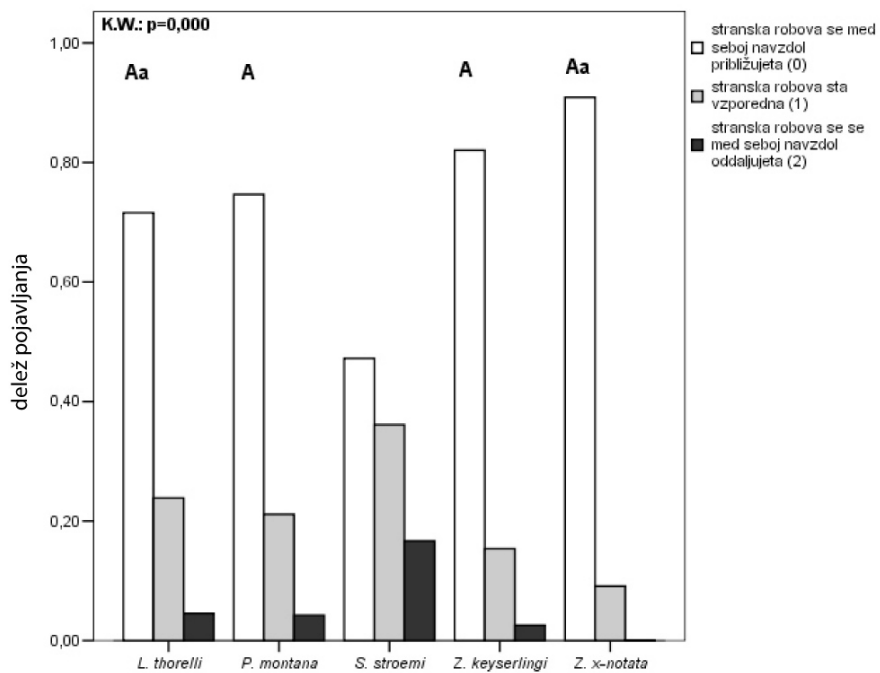
Med primerjanimi vrstami se *S. stroemi* statistično značilno od ostalih razlikuje v obliki mreže (slika 9, priloga 1), oddaljenosti središča do zgornjega in stranskega roba mreže (slika 10 in 11, priloga 1), številu niti LS, ki ne krožijo nad središčem (slika 12, priloga 1) in v absolutni ter relativni površini mreže (slika 13 in 14, priloga 1). Pri ostalih štirih vrstah pa v primeru navedenih znakov ni statističnih razlik.

Parazygiella montana se od ostalih vrst statistično značilno razlikuje v primerih prisotnosti manjkajočega sektorja (slika 15, priloga 1), številu niti LS, ki krožijo nad, pod in desno od središča (slika 16, 17 in 18, priloga 1), številu niti LS, ki ne krožijo pod središčem (slika 19, priloga 1) in številu niti LS po višini mreže (slika 20, priloga 1), medtem ko pri ostalih štirih vrstah pa v primeru teh znakov statističnih razlik ni.

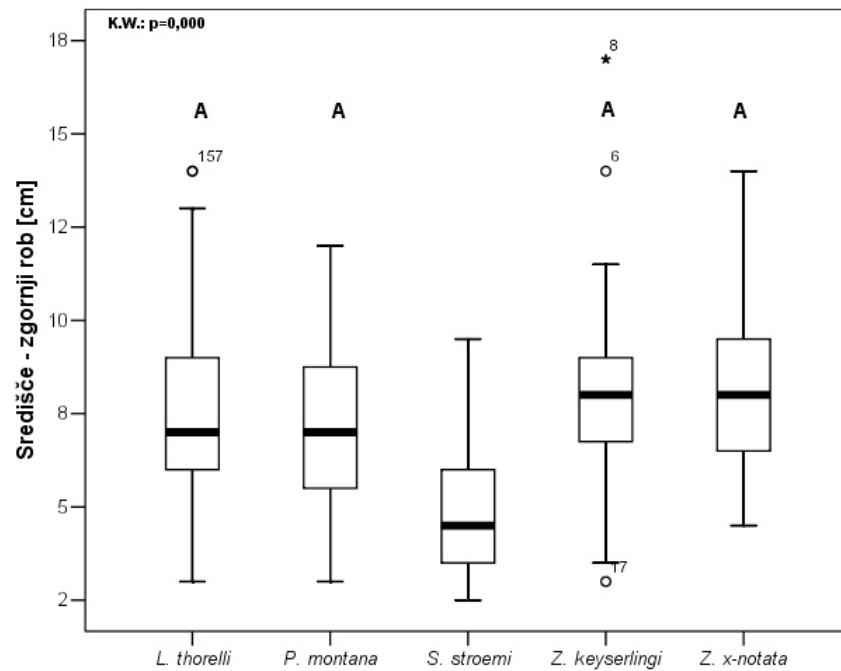
Vrsta *L. thorelli* se od ostalih statistično značilno razlikuje le v vertikalni asimetriji središča (slika 21, priloga 1), ostale vrste pa se v tem znaku ne razlikujejo statistično značilno.

V naslednjih znakih se statistično značilno od ostalih primerjanih vrst razlikujeta po dve vrsti, ki se statistično značilno razlikujeta tudi med seboj. Pri ostalih treh vrstah pa v primeru navedenih znakov ni statističnih razlik. Tako se v višini mreže (slika 23, priloga 1), »ladder index-u« (slika 29, priloga 1), asimetriji mreže (slika 30, priloga 1) in velikosti (slika 31, priloga 1) statistično značilno od ostalih razlikujeta vrsti *L. thorelli* in *S. stroemi*, v širini (slika 22, priloga 1) in gostoti mreže (slika 27 in 28, priloga 1) se statistično značilno od ostalih vrst razlikujeta *P. montana* in *S. stroemi*, v številu primarnih žarkov (slika 24, priloga 1), številu niti LS, ki krožijo levo od središča (slika 25, priloga 1) in številu niti LS po širini mreže (slika 26, priloga 1) pa se statistično značilno razlikujeta vrsti *P. montana* in *Z. keyserlingi*.

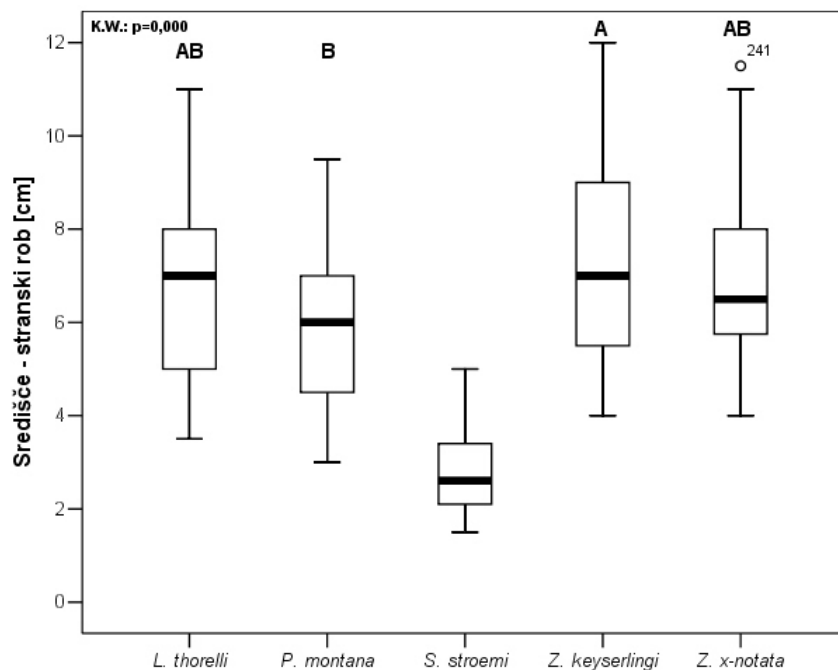
V primeru prisotnosti sekundarnih žarkov (slika 32, priloga 1), oddaljenosti središča do tal (slika 33, priloga 1), oddaljenosti zatočišča od mreže (slika 34, priloga 1), kotu sektorja (slika 35, priloga 1) in horizontalni asimetriji središča (slika 36, priloga 1), pa med primerjanimi vrstami ni bilo statistično značilnih razlik.



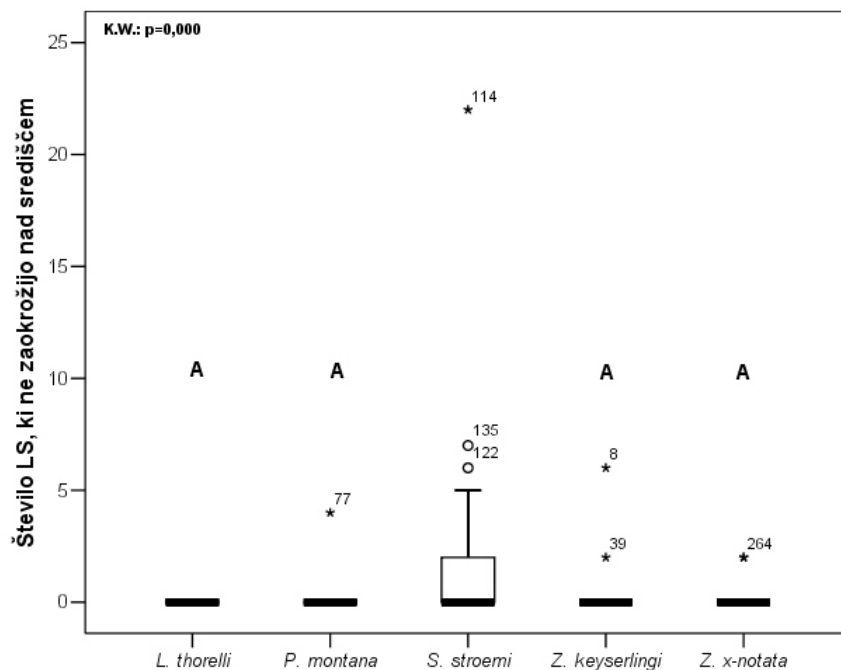
Slika 9: Primerjava oblike mreže med vrstami (znak A02) z linijskim diagramom. Višina stolpca prikazuje delež pojavljanja.



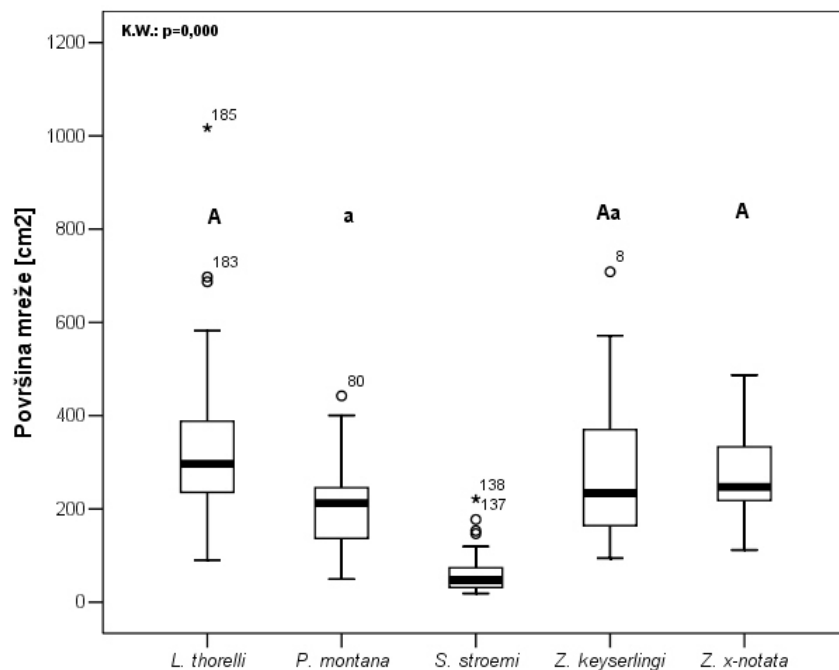
Slika 10: Primerjava razdalje središča od zgornjega roba mreže med vrstami (znak A05) z Box-plot diagramom. Črna lisa prikazuje 50. percentil oz. mediano, škatlica se razteza od 25. do 75. percentila, brčice pa označujejo spodnjo in zgornjo vrednost porazdelitve. Zunaj ležeče vrednosti (°) in ekstrema vrednosti (*) so označene s posebnimi znaki.



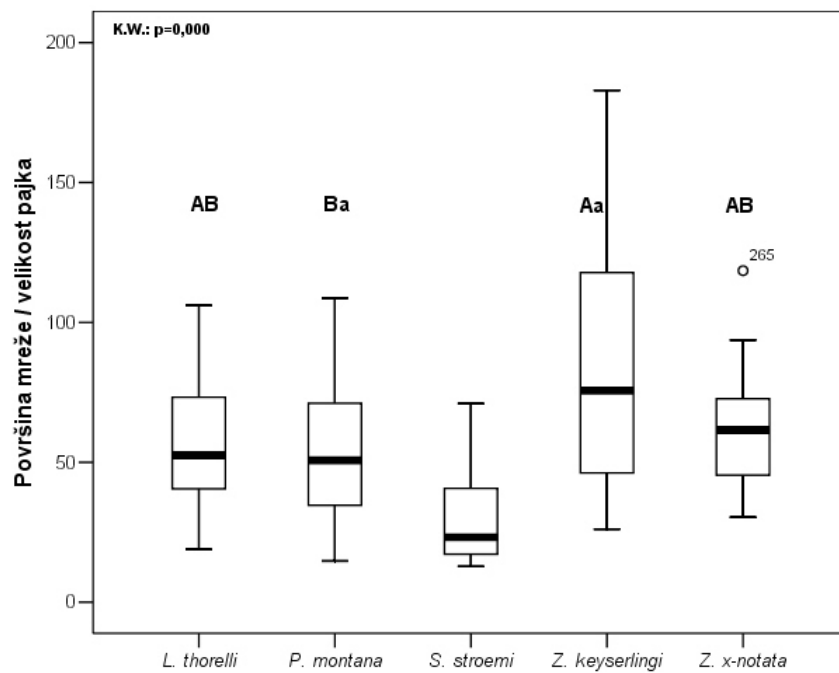
Slika 11: Primerjava razdalje središča od stranskega roba med vrstami (znak A06) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



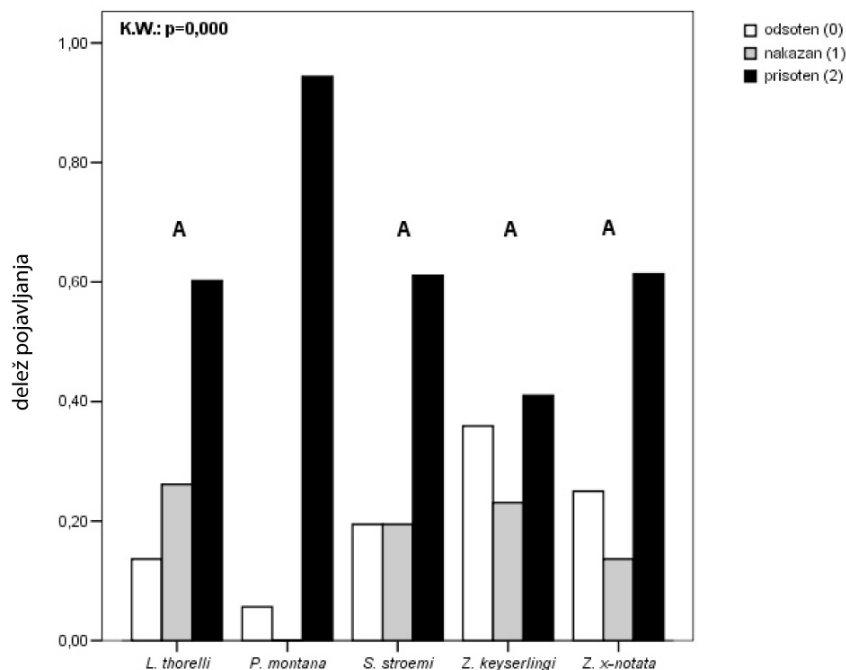
Slika 12: Primerjava števila niti lepljive spirale (LS), ki ne krožijo nad središčem, med vrstami (znak A20) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



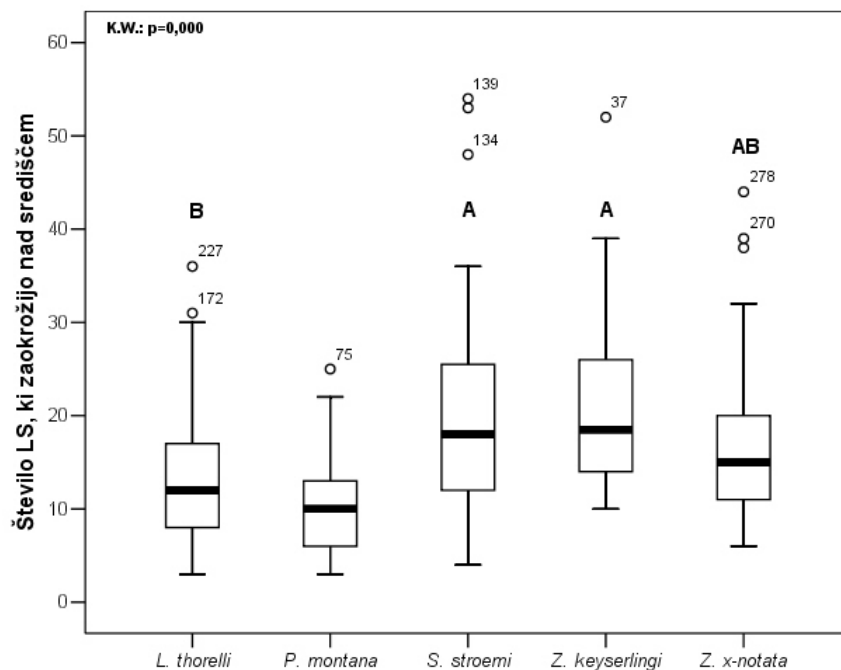
Slika 13: Primerjava površine mreže med vrstami (znak B08) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



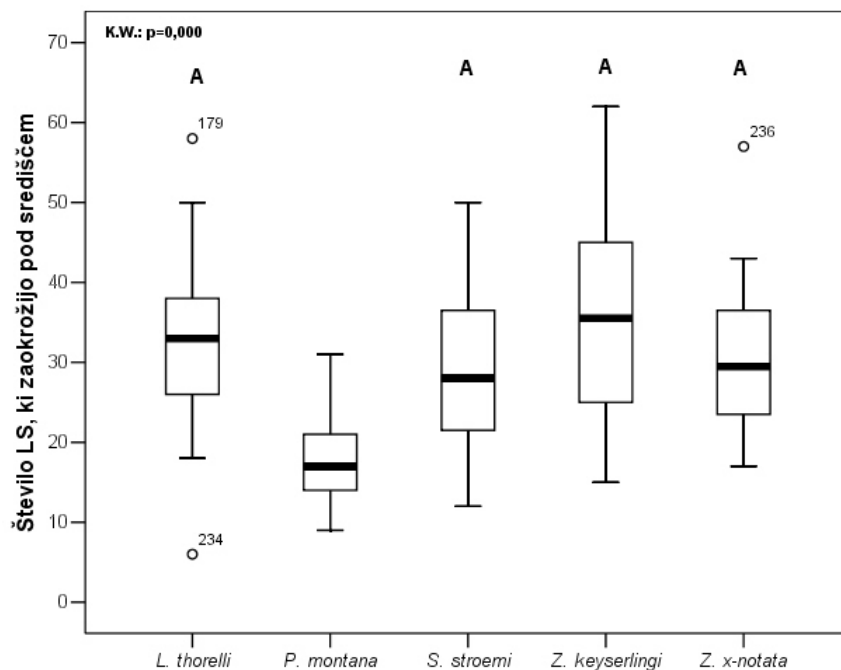
Slika 14: Primerjava relativne površine mreže med vrstami (znak B10) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



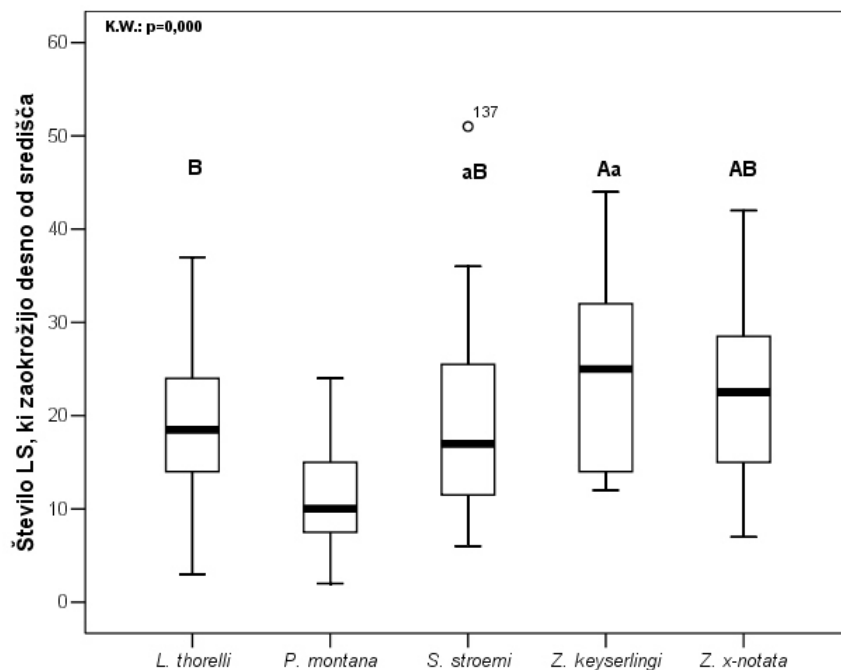
Slika 15: Primerjava prisotnost manjkajočega sektorja med vrstami (znak A08) z linijskim diagramom (za razlago glej slika 9).



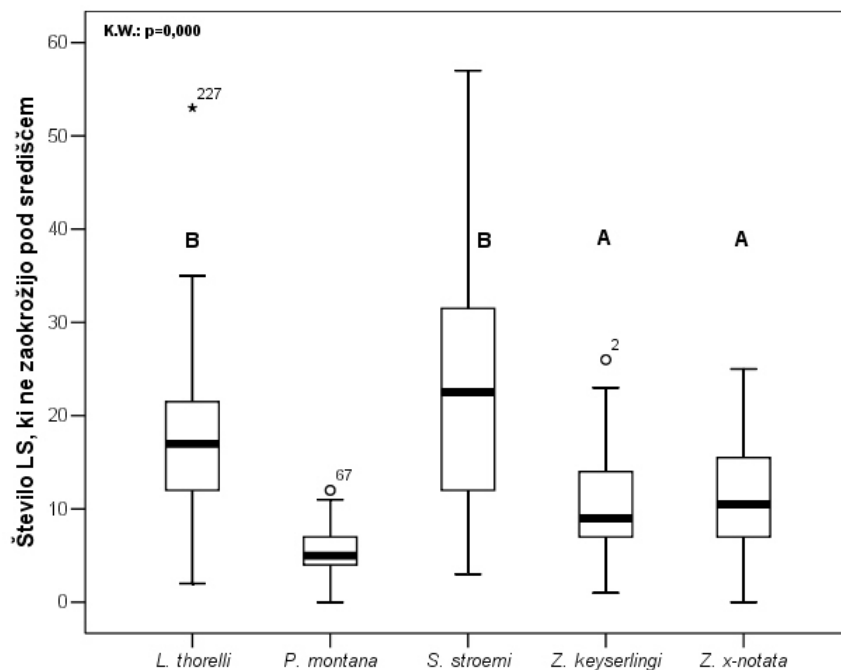
Slika 16: Primerjava števila niti lepljive spirale (LS), ki krožijo nad središčem, med vrstami (znak A15) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



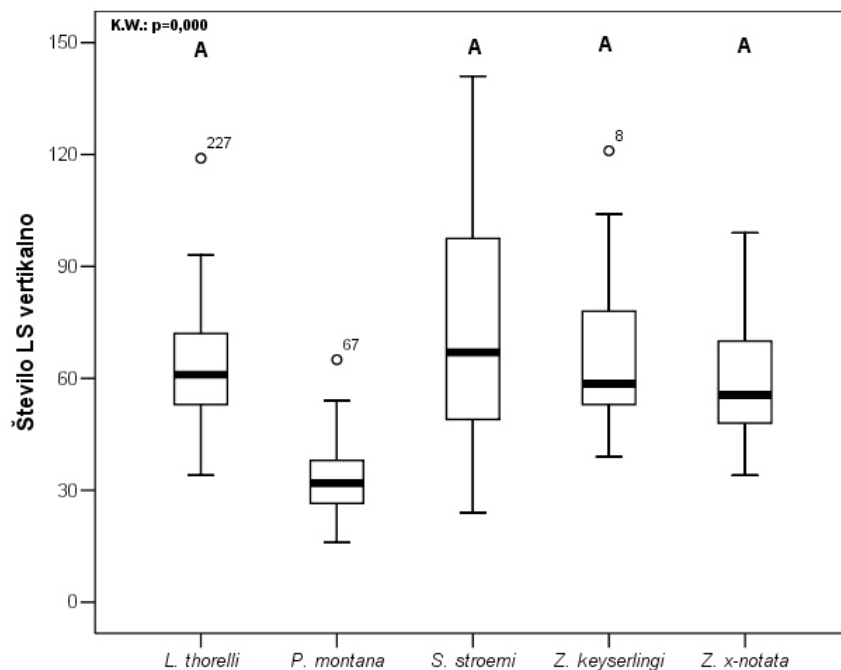
Slika 17: Primerjava števila niti lepljive spirale (LS), ki krožijo pod središčem, med vrstami (znak A16) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



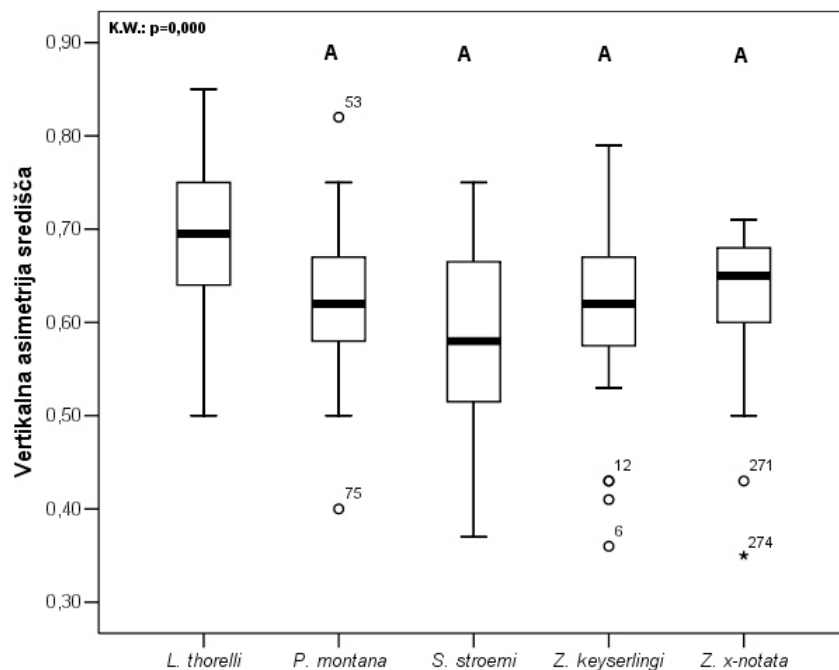
Slika 18: Primerjava števila niti lepljive spirale (LS), ki krožijo desno od središča, med vrstami (znak A18) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



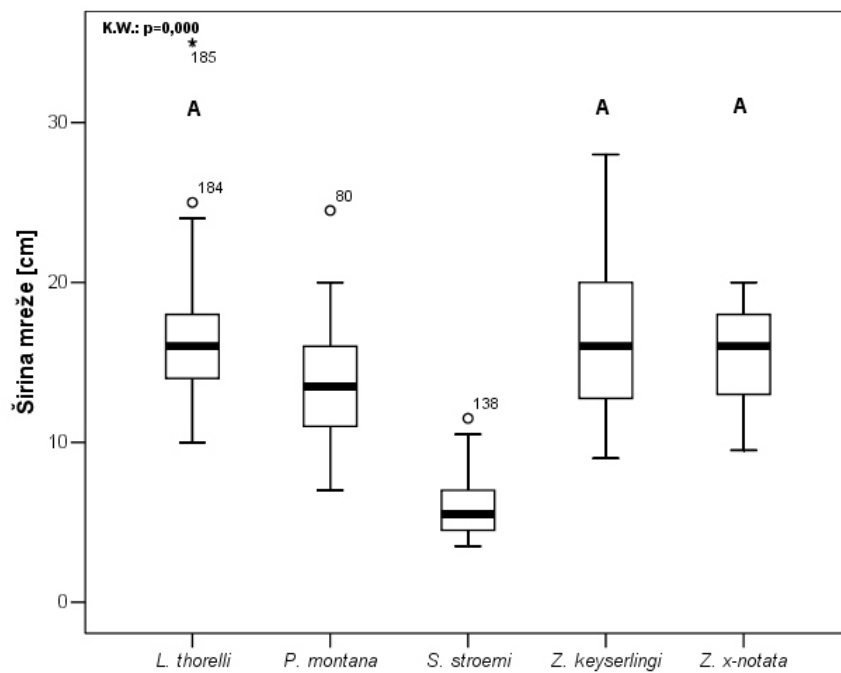
Slika 19: Primerjava števila niti lepljive spirale (LS), ki ne krožijo pod središčem, med vrstami (znak A19) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



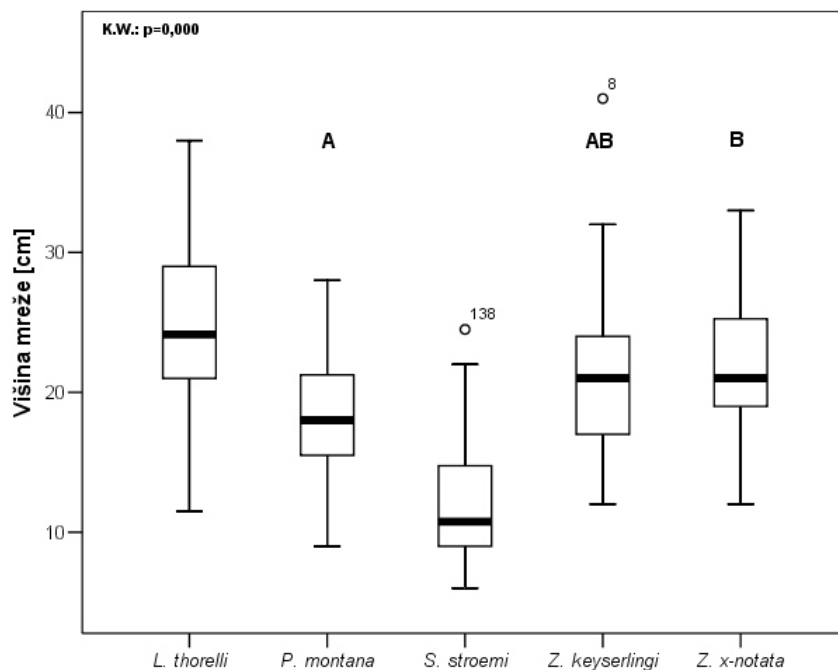
Slika 20: Primerjava števila niti lepljive spirale (LS) po največji višini mreže, med vrstami (znak B03) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



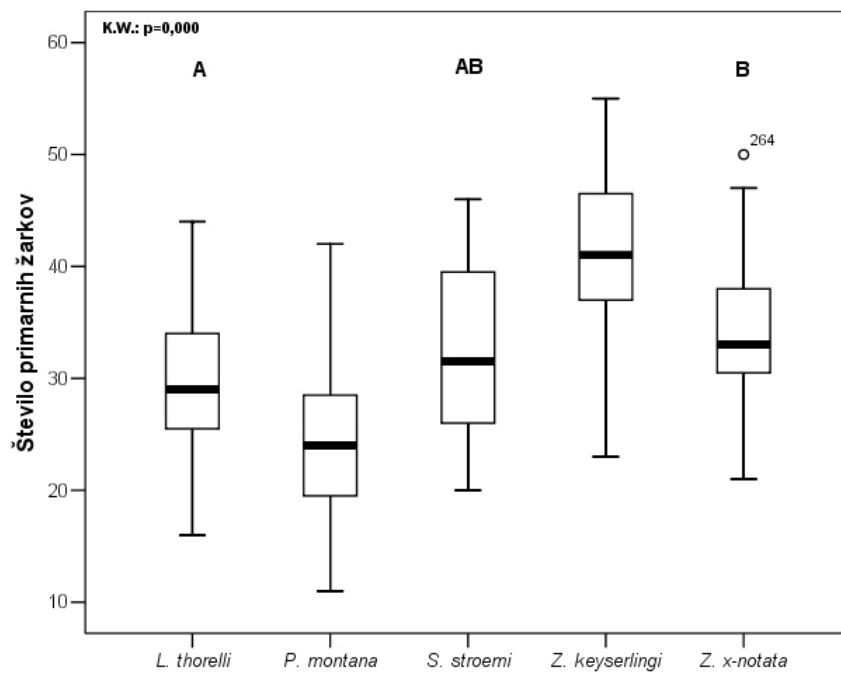
Slika 21: Primerjava vertikalne asimetrije središča med vrstami (znak B01) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



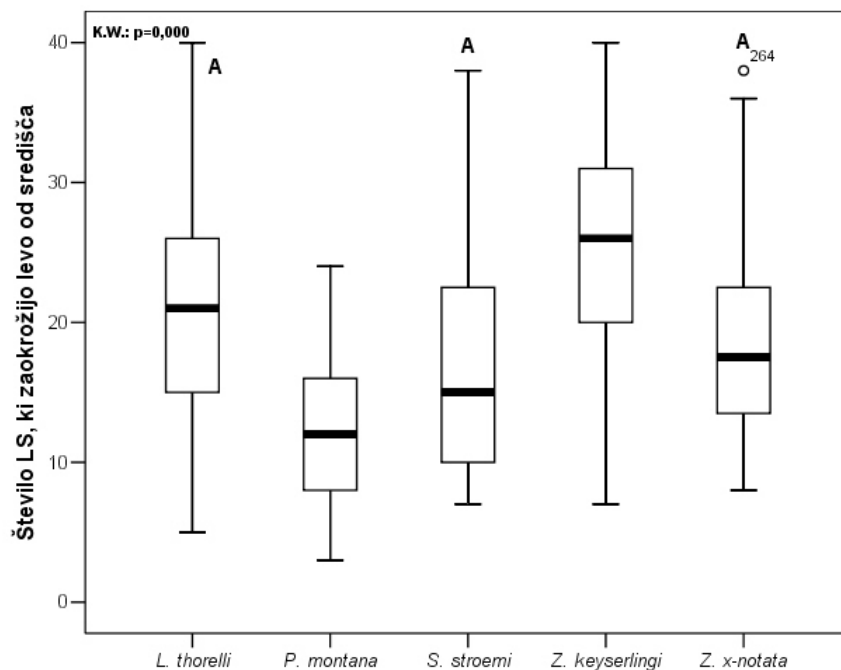
Slika 22: Primerjava širine mreže med vrstami (znak A03) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



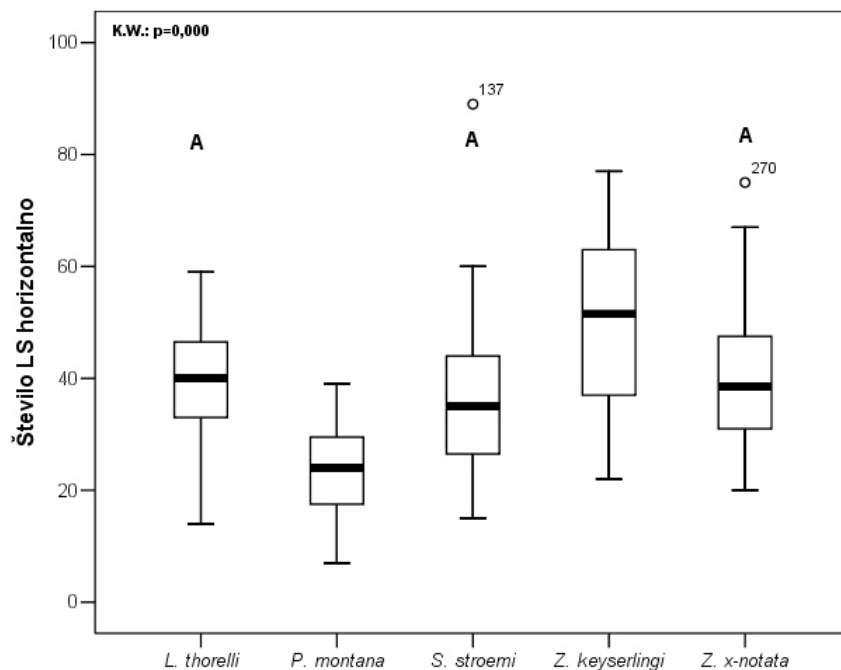
Slika 23: Primerjava višine mreže med vrstami (znak A04) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



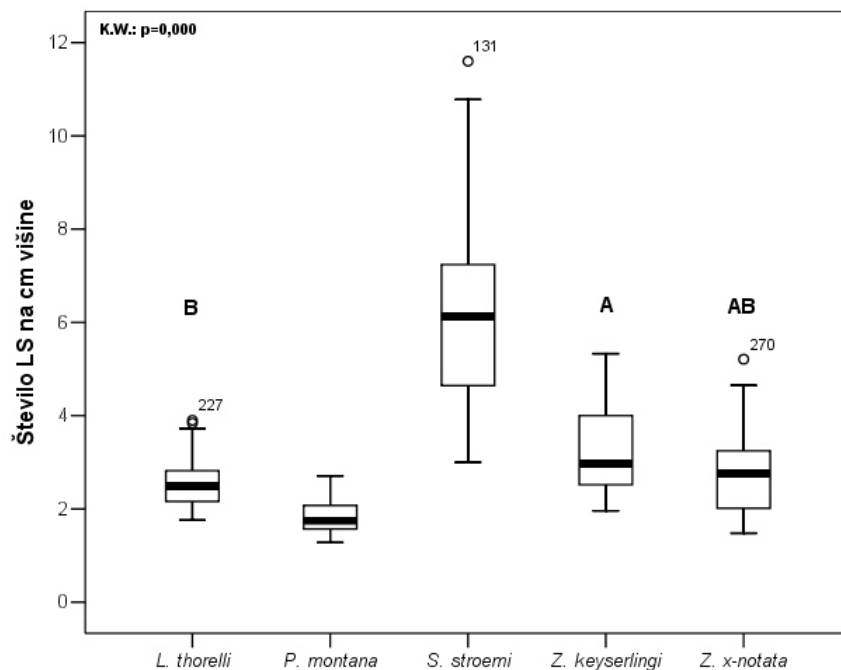
Slika 24: Primerjava števila primarnih žarkov med vrstami (znak A12) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



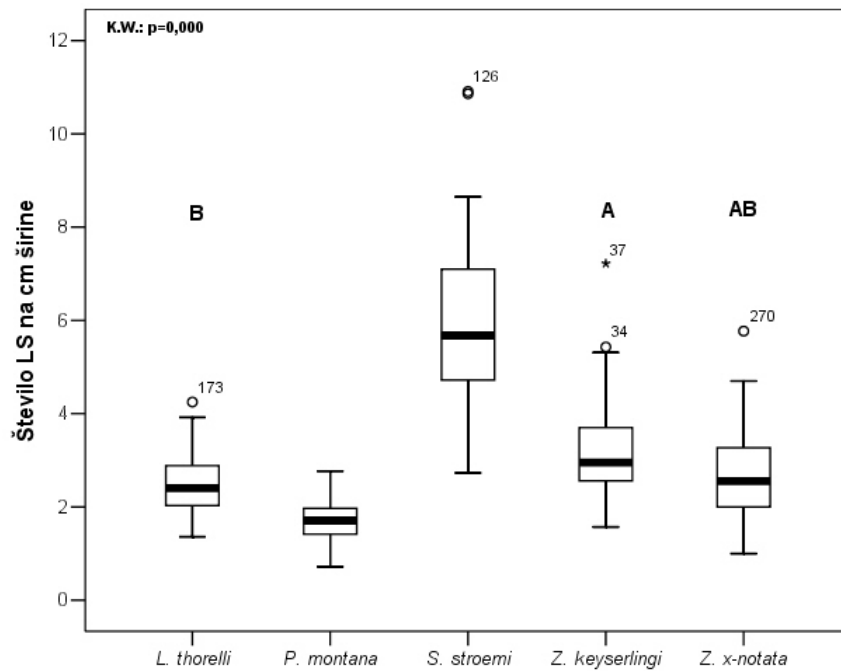
Slika 25: Primerjava števila niti lepljive spirale (LS), ki krožijo levo od središča, med vrstami (znak A17) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



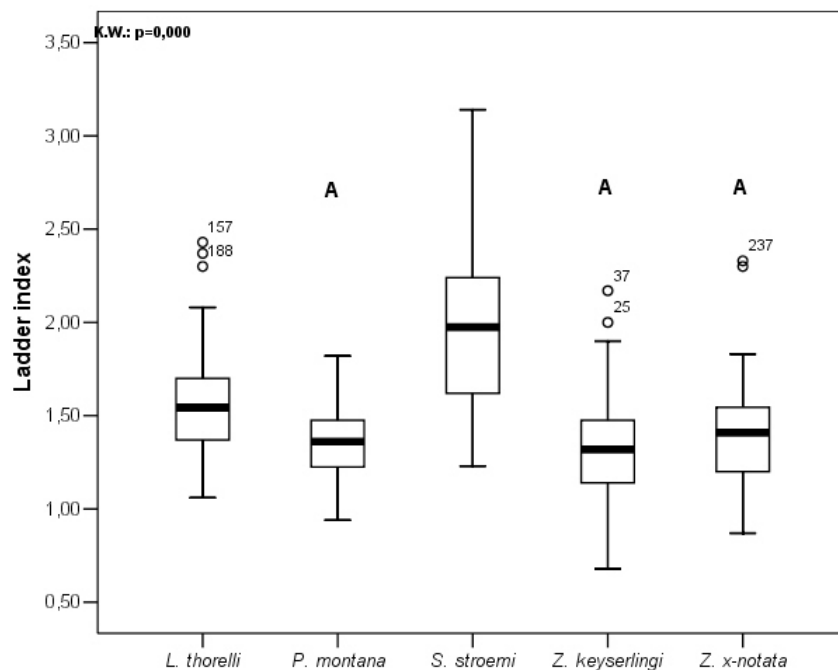
Slika 26: Primerjava števila niti lepljive spirale (LS) po največji širini mreže med vrstami (znak B04) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



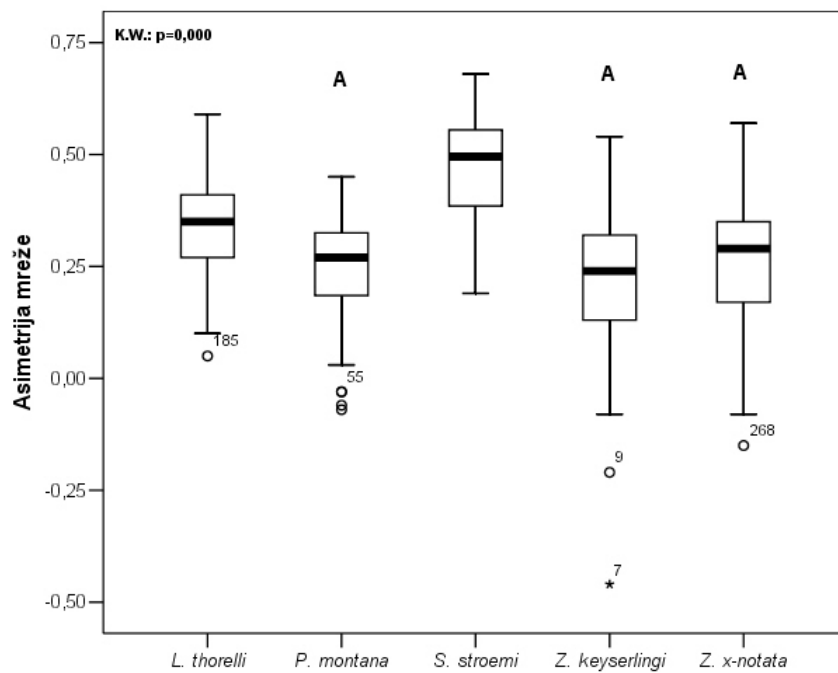
Slika 27: Primerjava gostote mreže po višini med vrstami (znak B05) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



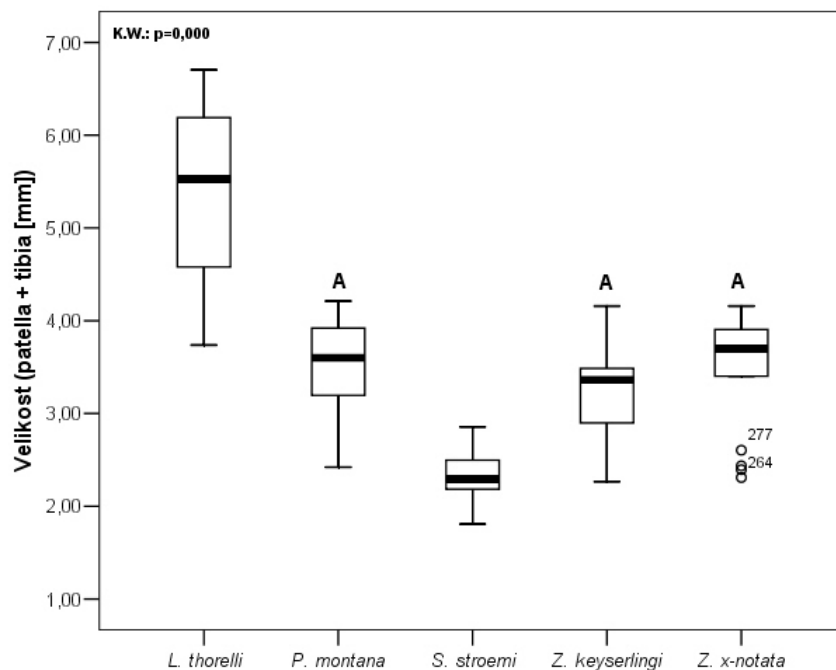
Slika 28: Primerjava gostote mreže po širini med vrstami (znak B06) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



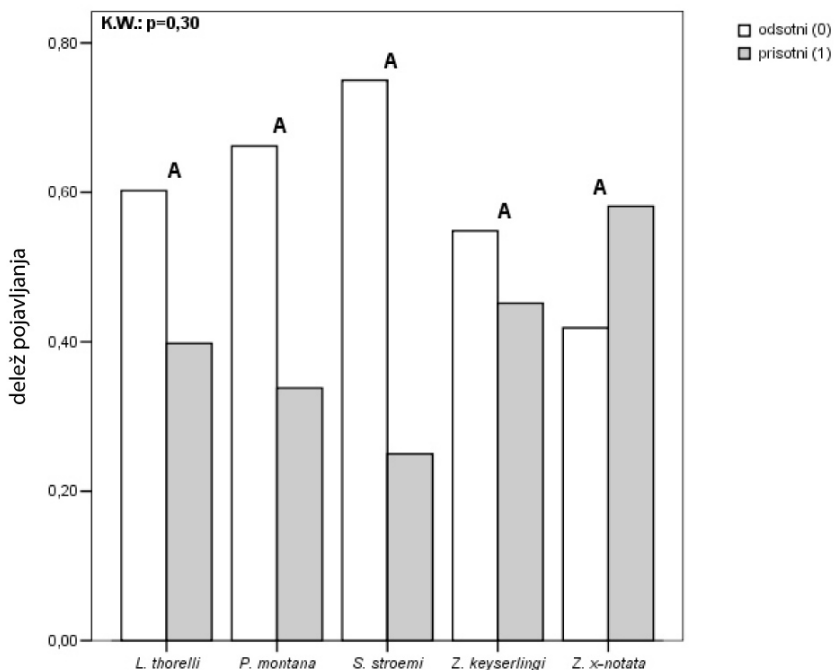
Slika 29: Primerjava za »Ladder index« med vrstami (znak B07) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



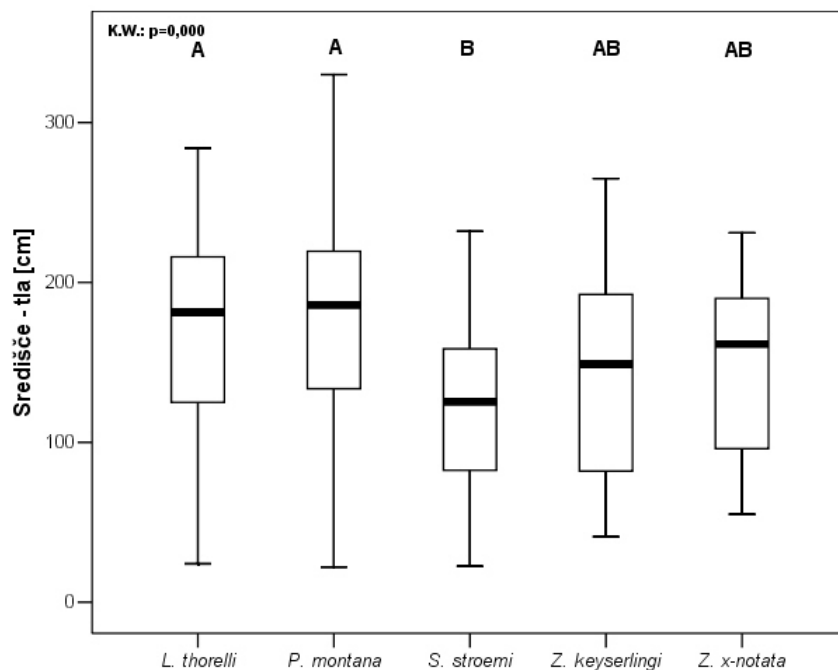
Slika 30: Primerjava asimetrije mreže med vrstami (znak B09) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



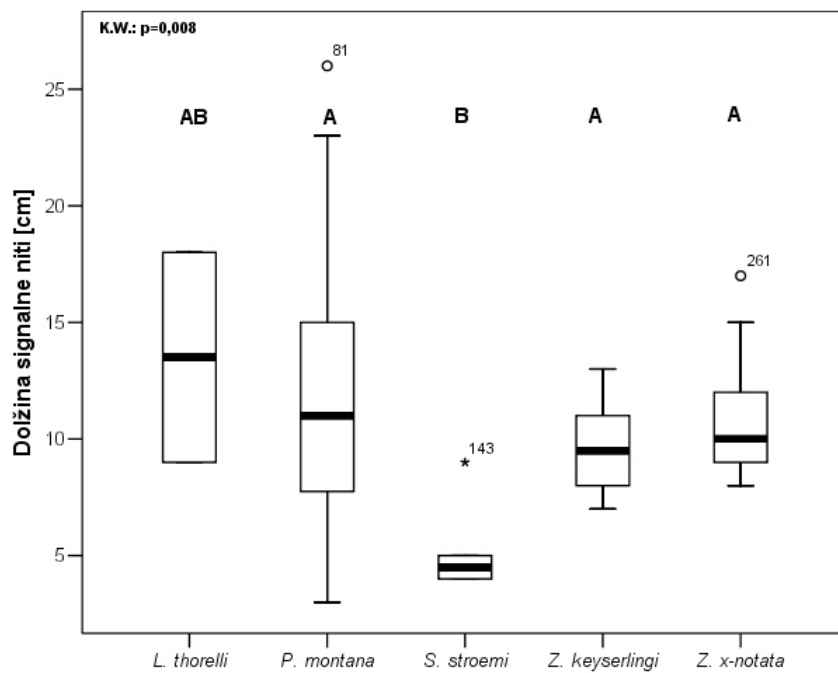
Slika 31: Primerjava velikosti pajka med vrstami (znak A21) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



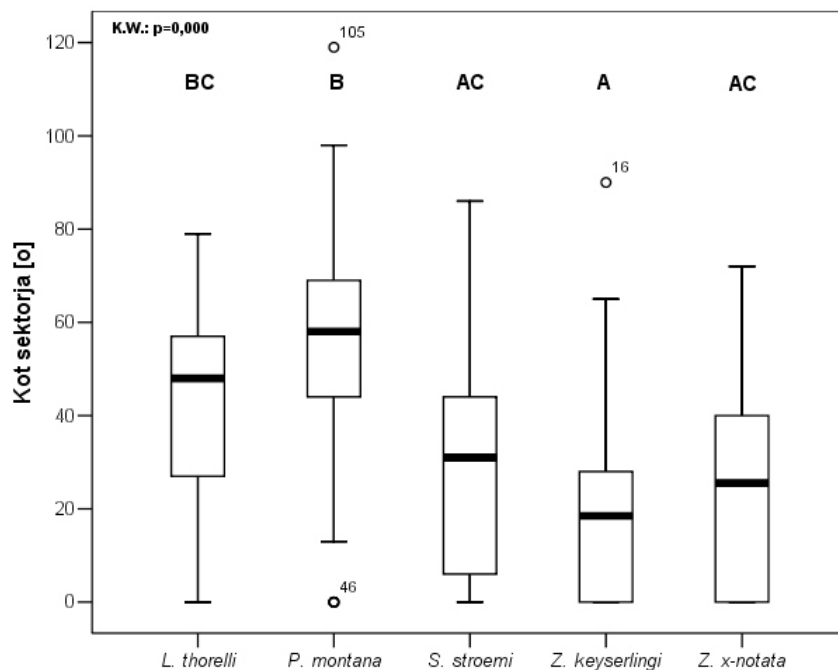
Slika 32: Primerjava prisotnosti sekundarnih žarkov med vrstami (znak A13) z linijskim diagramom (za razlago glej slika 9).



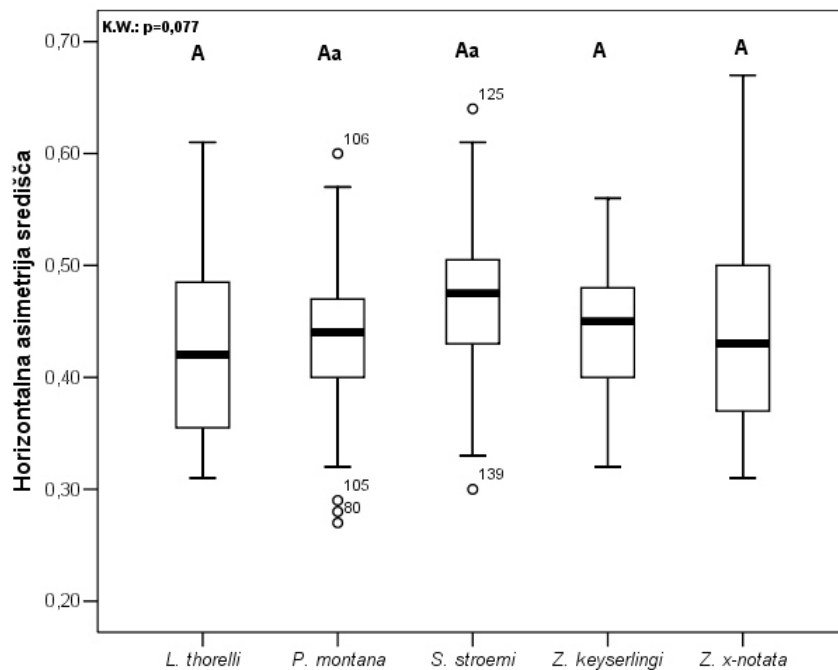
Slika 33: Primerjava razdalje mreže od tal med vrstami (znak A07) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



Slika 34: Primerjava oddaljenosti zatočišča od mreže med vrstami (znak A09) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



Slika 35: Primerjava kota manjkajočega sektorja med vrstami (znak A11) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).



Slika 36: Primerjava horizontalne asimetrije središča med vrstami (znak B02) z Box-plot diagramom (za razlago glej slika 10).

4 RAZPRAVA IN SKLEPI

4.1 RAZŠIRJENOST IN BIOLOGIJA VRST

Kot je razvidno iz rezultatov, so vrste iz rodu *Zygiella* s. lat. v glavnem sinantropne, saj štiri od petih vrst najdemo na stavbah. Izjema je *S. stroemi*, ki je arborikolna. Vrsta *L. thorelli* poseljuje vzhodni del Slovenije, *P. montana* se pojavlja samo v Alpah, *Z. keyserlingi* in *Z. x-notata* pa samo v Primorju oz. na Primorskem. Od teh vrst smo samo slednji našli na istih stavbah in še to samo ob obali. *Zygiella. keyserlingi* se namreč pojavlja samo na obali, medtem ko se *Z. x-notata* pojavlja tudi bolj v notranjosti Slovenije. Za sklepanja o medvrstnih odnosih in razlogih za njihovo morebitno izključevanje pa podatki žal ne zadostujejo. Za vrsto *S. stroemi* sicer nimamo dovolj geografskih podatkov, vseeno pa smo jo našli v Podravju, Štajerski, Ljubljanskem Barju in Vipavski dolini, kjer je šlo vedno za velike populacije. To nakazuje, da bi lahko bila omenjena vrsta v Sloveniji splošno razširjena, ki pa je zaradi svoje kriптиčne narave ponavadi spregledana, zaradi česar bi bil primeren njen umik s seznama ogroženih rastlinskih in živalskih vrst Slovenije (Uradni list Republike Slovenije, 2002).

Podatki o fenologiji vrst se nekoliko razlikujejo od tistih v literaturi (glej 1.4 Rod *Zygiella* in njegov taksonomski status in 3.1 Biologija vrst), kar lahko povsej verjetnosti pripišemo temperaturi. To se je nazorno pokazalo s pojavljanjem vrst *Z. keyserlingi* in *Z. x-notata*, ki sta na različnih lokalitetah kazali različno fenologijo. Na klifu v Strunjanu (glej seznam lokalitet, lokaliteti 14 in 15), kjer raste dokaj termofilna vegetacija, sta se obe vrsti pojavljali z odraslimi osebki vse leto. Nekoliko bolj v notranjosti Slovenije, v vasi Dekani (glej seznam lokalitet, lokaliteta 26), kjer vegetacija ni tako termofilna, pa pozimi ni bilo najti aktivnih osebkov. To pomeni, da lahko npr. srednjeevropska in južnoevropska raziskava pokažeta različno fenologijo sicer iste vrste.

Vseh pet vrst si je v nekaterih lastnostih dokaj podobnih. Tako imajo na primer vse vrste navpično postavljeno mrežo, pri kateri pa manjkajoč sektor ni vedno prisoten. Zatočišče je vedno izven mreže, do njega pa iz središča mreže vodi signalna nit. Mreža ni nikoli dekorirana z listjem ali ostanki hrane, kot na primer pri rodovih *Cyclosa* in *Dolicognatha* (Levi, 1977, cit. po Kuntner s sod., 2008a) in nikoli ne vsebuje stabilimenta, kot pri nekaterih drugih predstavnikih družin Araneidae, Uloboridae in Nephilidae (Robinson in Robinson, 1973; Scharf in Coddington, 1997; Kuntner s sod., 2008a). Vse preučevane vrste plenijo tako, da plen najprej ugriznejo in ga nato zavijejo (angl. »bite-wrap attack«). Slednje je izvoren način plenjenja za skupino Araneoidea, znotraj katere je plenjenje z zavijanjem plena pred ugrizom (angl. »wrap-bite attack«) neodvisno evoluiralo šest ali sedemkrat (Kuntner s sod., 2008a). Čez dan se pajki vseh preučevanih vrst zadržujejo v zatočišču, iz katerega molijo prednja para nog, s katerima se dotikajo signalne niti. Ob

nevarnosti ne tresejo mreže, kot na primer predstavniki rodov *Argiope*, *Azilia*, *Nephilengys*, *Nephila* in *Clitaetra* (Kuntner, 2006; Kuntner s sod., 2008a), temveč se umaknejo v zatočišče ali pa se vržejo iz mreže. Njihova drža v mreži z iztegnjenima prvima paroma nog je bolj podobna predstavnikom družine Tetragnathidae, kot pa predstavnikom družine Araneidae ali na primer Nephilidae (Levi, 1980, Kuntner s sod., 2008a).

4.2 TAKSONOMIJA

Za mreže predstavkov rodu *Zygiella* s. lat. naj bi bil značilen **manjkajoči sektor** v zgornjem delu mreže. Kljub temu pa naši rezultati kažejo, da prisotnost sektorja v mrežah odraslih samic variira kar med 41% pri *Z. keyserlingi* in 94% pri *P. montana* (Slika 15). Slednje kaže, da je manjkajoči sektor skoraj vedno prisoten le pri *P. montana*, medtem ko se ostale vrste v tem znaku ne razlikujejo statistično značilno, saj prisotnost manjkajočega sektorja pri njih variira med 41% in 61%. Na podlagi rezultatov lahko sklepamo, da prisotnost manjkajočega sektorja ni odvisna od habitata, kot navaja Foelix (1996). Kljub temu, da se *P. montana* sicer lahko pojavlja tudi na vegetaciji (Levi, 1974), pa v Sloveniji praviloma izbira enak habitat kot *L. thorelli*, saj se obe pojavljata skoraj izključno na stavbah, medtem ko *Z. keyserlingi* in *Z. x-notata* najdemo tako na stavbah kot tudi na vegetaciji, *S. stroemi* pa je vezana na debela določenih drevesnih vrst. V velikosti oziroma **kotu manjkajočega sektorja** se nekatere vrste med seboj statistično značilno razlikujejo, vendar pa očitnega vzorca nismo opazili (Slika 35). V povprečju imata najširši sektor sicer vrsti *P. montana* s 56° in *L. thorelli* z 42° (Priloga 1), kar bi lahko nakazovalo na pomembnost habitata za ta znak, saj gre za vrsti, ki sta se pojavljali izključno na stavbah.

Po **obliki mreže** se statistično značilno od vseh drugih vrst razlikuje *S. stroemi* (Slika 9), pri kateri stranska robova mreže najbolj variirata med tremi pričakovanimi stanji. Pri drugih štirih vrstah se stranska robova v smeri navzdol le redko oddaljujeta ali sta vzporedna, praviloma pa se v smeri navzdol bližata (v 72 % do 91 % primerov). Pri vrsti *S. stroemi* se stranska robova v smeri navzdol približujeta le v 47 % primerov. Razlog bi se lahko skrival v ekologiji vrste. Gre za drevesno vrsto, ki kot habitat izbira debela starih dreves z grobim lubjem, najpogosteje rdeči bor (*Pinus sylvestris*). Lubje rdečega bora je vzdolžno razbrazdano in je zato morda primernejši habitat za izdelavo mrež z vzporednimi ali celo v smeri navzdol oddaljujočima se stranskima robovoma. Po **oddaljenosti mreže od tal** se vrste ne razlikujejo očitno (Slika 33), podobno pa velja tudi za **oddaljenost zatočišča od mreže** (Slika 34), kjer bi večje število meritev morda pokazalo nekatere razlike (Priloga 1).

Prisotnost terciarnih žarkov se je izkazala zgolj za naključje (Priloga 1), medtem, ko so **sekundarni žarki** pogosto prisotni, vendar se po njihovi prisotnosti vrste med seboj ne

razlikujejo statistično značilno (Slika 32). Zanimivejši je pogled na **število primarnih žarkov** v mrežah posameznih vrst. Statistično značilno izstopata vrsti *Z. keyserlingi* z največ in *P. montana* z najmanj primarnimi žarki (Slika 24). Razlog temu po vsej verjetnosti ni velikost osebkov posamezne vrste, saj se največja (*L. thorelli*) in najmanjša (*S. stroemi*) vrsta (Slika 31) v tem znaku ne razlikujeta statistično značilno. Tudi izbira habitata očitno nima večjega vpliva, saj se *L. thorelli*, ki poseljuje izključno stavbe in *S. stroemi*, ki jo najdemo le na drevesnih deblih, med seboj ne razlikujeta statistično značilno. Razlogi za različno število žarkov so tako verjetno nekateri drugi abiotiski (npr. veter in padavine), biotski (npr. adaptacija na različno velik oz. težek plen) (Eberhard, 1990) ali genetsko determinirani dejavniki.

Slike 10, 11, 22 in 23 (znaki A03 do A06) prikazujejo znake za različne mere mreže, ki smo jih uporabili pri izračunu nekaterih kombiniranih znakov in prav tako kažejo podobne porazdelitve. Večinoma ti znaki sicer niso neodvisni eden od drugega, vendar pa zato niso popolnoma neinformativni. Pri vseh teh znakih namreč s statistično značilno najmanjšimi vrednostmi odstopa *S. stroemi*, kar pomeni, da so ti znaki lahko uporabni v diagnostiki vsaj za to vrsto, za ostale pa nekoliko manj. **Vertikalna asimetrija središča** kaže zanimive rezultate (Slika 21). Središče je po vertikalni osi statistično značilno višje pomaknjeno pri vrsti *L. thorelli*, ki je statistično značilno tudi največja vrsta (Slika 31). To se sklada s hipotezo, da gravitacija omejuje večje in težje pajke pri premikanju po mreži navzgor ter tako favorizira pomaknjenost središča proti vrhu mreže (Masters in Moffat, 1983; ap Rhiart in Vollrath, 1994). Statistično značilno najmanjša vrsta *S. stroemi* se po pomaknjenosti središča ne razlikuje značilno od ostalih treh, čeprav ima v povprečju središče pomaknjeno rahlo bolj proti geometrijskemu središču (Priloga 1). Velikost vrste *S. stroemi* sicer za asimetrijo središča ni več tako pomembna, kot pri ostalih vrstah, zato bi morda pričakovali, da bo središče bližje geometrijskemu središču mreže. Vseeno pa je navzgor pomaknjeno središče tudi pri tej vrsti favorizirano zaradi zatočišča, ki se pri vseh vrstah nahaja nad mrežo (glej znak A10, Priloga 1). Lociranje plena je namreč možno le iz središča, zaradi česar je to ponavadi pomaknjeno proti zatočišču, s čemer se zmanjša izguba časa ob teku proti središču mreže (Zschokke, 2002). To potrjujejo tudi rezultati **horizontalne asimetrije središča** (Slika 36), kjer je indeks pričakovano pri vseh vrstah nižji od 0,5, kar pomeni, da je središče pri vseh pomaknjeno proti zatočišču. V nasprotju z vertikalno asimetrijo pa se po horizontalni asimetriji središča vrste med seboj ne razlikujejo statistično značilno.

Asimetrija mreže in »**Ladder index**« prikazujeta razmerje med širino in višino mreže in sta pokazala skoraj enake rezultate (Slika 30 in 29). Najbolj asimetrični mreži imata najmanjša (*S. stroemi*) in največja (*L. thorelli*) vrsta, ki se med seboj tudi statistično značilno razlikujeta. Asimetrijo mreže pri *S. stroemi* bi lahko pojasnjevali z njenim že omenjenim specifičnim habitatom (stara drevesa nekaterih iglavcev). Drevesni način življenja pajkom za gradnjo mrež ne omogoča neomejenega prostora. Omejujoč dejavnik

je obod drevesa, torej horizontalni prostor, ki je na razpolago (Kuntner s sod., 2008b). Prilagoditev na tak habitat so bolj asimetrične, lestvičaste mreže, ki so visoke in ozke (Kuntner, 2005; Kuntner s sod., 2008b). Kuntner s sod. (2008b) v študiji alometrije mrež med ontogenijo vrste *Clitaetra irenae* predvideva, da alometrična sprememba mreže iz okrogle v lestvičasto omogoča rastočemu pajku, da ostane na istem drevesu in se tako ne izpostavlja predatorjem ob iskanju drevesa z večjim obodom. Sicer pa so se lestvičaste mreže verjetno razvile konvergetno pri družinah Nephilidae in Araneidae, po vsej verjetnosti kot odgovor za izkoriščanje novih življenjskih prostorov ali virov hrane (Eberhard, 1975; Kuntner s sod., 2008b), vendar pa se s plenom vrst *L. thorelli* in *S. stroemi* ni ukvarjala nobena študija. Pri *S. stroemi* razlago asimetrične mreže z drevesni načinom življenja podpira dejstvo, da se vrsta pojavlja le na starih drevesih z velikim obodom in na vrstah z grobim lubjem, ki verjetno omogoča več možnosti za horizontalno pritrditev mreže. Ravno nasprotno pa ima vrsta *L. thorelli*, ki se pojavlja na stavbah na razpolago podobno neomejen prostor kot ostale vrste tako, da je treba razlago za tako asimetrično mrežo iskati drugje.

Po **površini mreže** statistično značilno z najmanjšo mrežo izstopa vrsta *S. stroemi*, enak trend pa se kaže tudi pri vrsti *P. montana* (Slika 13). Za prvo to niti ni presenetljivo, saj gre za najmanjšo vrsto, ki poleg tega mreže gradi na deblih dreves, kar je prostorsko omejen habitat. Površina mrež *P. montana* je manjša od ostalih vrst kljub temu, da se po velikosti ne razlikuje statistično značilno od *Z. keyserlingi* in *Z. x-notata*. Največja vrsta *L. thorelli* se po površini mreže od slednjih dveh ne razlikuje. Slika 14 prikazuje **relativno površino mreže**. V tem znaku s statistično značilno najmanjšo mrežo izstopa samo *S. stroemi*. Ostale štiri vrste kažejo glede na velikost osebkov dokaj enako površino mreže. To bi dodatno lahko nakazovalo vpliv specifičnega habitata vrste *S. stroemi* na velikost in obliko mreže. V obeh znakih statistično značilno izstopa le vrsta *S. stroemi*, kar potrjuje diagnostično uporabnost obeh znakov.

Slike 16 do 19 in slika 25 (znaki A15 do A19) prikazujejo znake za število niti lepljive spirale po različnih delih mreže, ki so bili uporabljeni pri izračunu nekaterih kombiniranih znakov. Med temi bolj izstopa **število niti lepljive spirale, ki ne krožijo nad središčem** (Slika 12), medtem ko pri drugih znakih med vrstami ni večjih razlik. Niti lepljive spirale, ki ne krožijo nad središčem, so redno prisotne le pri vrsti *S. stroemi*, pri ostalih pa se pojavljajo redko (Priloga 1). Razlog za njihovo prisotnost pri *S. stroemi* je verjetno v lestvičasti mreži (Slika 30 in 31) s centralno postavljenim središčem (Slika 21), zaradi česar so tudi v zgornji polovici mreže večkrat potrebne dodatne niti lepljive spirale, ki ne krožijo po mreži.

Po **število niti lepljive spirale** tako po višini, kot tudi po širini mreže (Slika 20 in 26) statistično značilno odstopa *P. montana* z najmanj nitmi, ostale vrste pa se v tem znaku ne razlikujejo bistveno. Tudi **gostota mreže** (število niti lepljive spirale na centimeter

višine oz. širine mreže) pokaže, da *P. montana* izstopa z najredkejšo mrežo (Slika 27 in 28). Po gostoti mreže se od ostalih vrst z najgostejšo mrežo statistično značilno razlikuje *S. stroemi*. Glede na to, da imata *P. montana* in *S. stroemi* tudi najmanjši mreži, velikost mreže ne more biti razlog za gostoto, podobno pa velja tudi za velikost pajkov posamezne vrste. Odstopanje gorske (*P. montana*) in drevesne vrste (*S. stroemi*) v oba ekstrema nakazuje, da bi različna gostota mreže lahko bila prilagoditev na specifične vremenske razmere (Eberhard, 1990). Za vrsto *P. montana*, ki se pojavlja v glavnem v vetrovnem in deževnem montanskem pasu in gradi mrežo, izpostavljeno na stavbah, predstavljajo veter in padavine večji problem kot za nižinske vrste. To se ujema tudi z majhno površino mreže in majhnim številom primarnih žarkov (glej 4.2 Taksonomija, odstavek 3 in 6). Deblo starega igalvca sredi gozda pa v nasprotju s habitatom *P. montana* predstavlja zavetje, ki dopušča vrsti *S. stroemi* gradnjo gostejše mreže.

Skupno gledano torej lahko mreže vrste *S. stroemi* diagnosticiramo po najmanjši in najgostejši mreži, ki ima pogosto prisotne tudi niti lepljive spirale, ki ne krožijo nad središčem, je pa tudi najmanj simetrična. Mreža vrste *P. montana* je majhna, najmanj gosta, z malo primarnimi žarki in nitmi lepljive spirale ter ima ponavadi pravilno izdelan manjkajoč sektor. Vrsta *L. thorelli* ima asimetrično mrežo z najvišje pomaknjenim središčem. Za mrežo vrste *Z. keyserlingi* je značilno največje število primarnih žarkov, mreža vrste *Z. x-notata* pa ni prepoznavna po nobenem od posameznih znakov. Od obravnavanih štirih rodov gre pri rodu *Stroemiellus* za monotipski rod, ostali trije pa vsebujejo tudi vrste, ki jih tukaj nismo obravnavali – rod *Leviellus* vsebuje skupno štiri, rod *Parazygiella* tri in rod *Zygiella* enajst vrst (Platnick, 2008). Glede na naše rezultate se vseeno zdi, da po vedenjskih znakih lahko diagnosticiramo rodove *Leviellus*, *Parazygiella* in *Stroemiellus*, kar preliminarno sicer podpira Wunderlich-ovo (2004) taksonomijo rodu *Zygiella* s. lat., vendar bi bila za trdnejšo podporo obstoječe taksonomije potrebna tudi natančnejša filogenetska analiza.

Problem kvantitativnih vedenjskih znakov v diagnostiki je, glede na naše rezultate pogosto prekrivanje v primerjanih vrednostih, saj do slednjega v veliki meri prihaja tudi, ko gre za statistično značilne razlike med taksoni. Zaradi tega po pričakovanju večje število znakov večja zanesljivost diagnosticiranja. Podoben problem se pojavlja tudi pri uporabi nekaterih binarnih znakov, ki se pri izbranih taksonih sicer pojavljajo v večini, a ne vedno. Glede na to, da se pri vseh vrstah osebki ponavadi pojavljajo v skupinah, bi lahko diagnosticiranje dodatno olajšale meritve na večjih mrežah. Ker pa se v tem primeru pojavi tudi problem sobivanja nekaterih vrst, je potrebno dobro poznavanje biologije vrst.

Dolgo časa je veljalo prepričanje, da je vedenje zelo podvrženo vplivom okolja. Zaradi tega naj bi bila uporaba vedenjskih znakov v filogenetskih študijah vprašljiva, saj naj bi bilo pri teh znakih preveč homoplazij, homologije pa naj bi bilo težje ali celo nemogoče določiti (Kuntner s sod., 2008a). Oba navedena dvoma pa so zavrnila številne kasnejše

študije, ki so pokazale, da so vedenjski znaki lahko ravno tako uporabni kot morfološki (Prum, 1990, cit. po Kuntner s sod., 2008a; deQueiroz in Wimberg, 1993; Wimberg in deQueiroz, 1996, cit. po Kuntner s sod. 2008a; Benjamin in Zschokke, 2004; Freudenstein, 2005; Kuntner s sod., 2008a). Nekateri vedenjski znaki očitno evoluirajo celo počasneje kot nekateri morfološki znaki. Tako na primer pri pajkih vedenje pri gradnji mreže evoluirajo počasneje kot npr. spolni organi samcev (Scharff in Coddington, 1997; Kuntner s sod., 2008a).

Za znake, ki jih uporabimo v filogenetski analizi, predpostavljamo, da so med seboj neodvisni in jih pojmujejo kot naključno izbrane iz mnogo večjega potencialnega nabora znakov. Pravilno določene homologije oblikujejo vzorec skladnosti (angl. »pattern of congruence«), iz katerega bi naj sledila prava topologija filogenetskega drevesa (Patterson, 1988; de Pinna, 1991; Pleijel, 1995). Kot potencialno filogenetsko uporabne znake smo pojmovali tiste, ki združujejo taksone v skupine (glej 2.5 Diagnostični in filogenetsko informativni znaki), vendar bi jih za ugotavljanje njihove dejanske filogenetske uporabnosti morali testirati s topologijami, dobljenimi na velikih naborih podatkov (Freudenstein, 2005). Drugače povedano, dejansko filogenetsko uporabnost testira filogenetska analiza oziroma iz nje izvedena optimizacija znaka, kar pa ni del te naloge. V našem primeru je potencialno filogenetsko informativnih, torej tistih, ki taksone združujejo v skupine in tako nakazujejo potencialne homologije, osem znakov. To so širina mreže, višina mreže, število primarnih žarkov, število niti lepljive spirale, ki zaokrožijo levo od središča, število niti lepljive spirale, ki ne zaokrožijo pod središčem, število niti lepljive spirale po širini mreže, gostota mreže in asimetrija mreže ter »ladder index«. Od teh se slednja razlikujeta samo v skali, tako da gre v bistvu za sedem potencialno filogenetsko uporabnih znakov. Dejansko pa tudi med temi morda niso uporabni vsi, saj je možno, da med seboj niso neodvisni – število niti lepljive spirale je morda v tesni povezavi s širino in višino mreže, hkrati pa ravno slednji meri opisujeta asimetrija mreže in »ladder index«. Dejstvo, da je takšnih znakov največ sedem, nakazuje, da bi uporabnost raziskav, kot je to diplomsko delo, lahko bila ravno v selekcioniranju znakov oziroma v že predhodnem izključevanju filogenetsko neuporabnih vedenjskih znakov. Vedenjski znaki sami sicer včasih ne dajo zanesljivega filogenetskega drevesa, ponavadi pa so v kombinaciji z drugimi uporabni vsaj za večjo podporo dobljenega filogenetskega drevesa (Kuntner s sod., 2008a).

5 POVZETEK

Pajki so razširjeni po celem svetu in so z izjemo zraka in odprtega morja osvojili vsa življenjska okolja. Bistvena lastnost, ki jim omogoča tako veliko razširjenost, je sposobnost izdelovanja lepljive niti, ki se po evlucijski vlogi lahko primerja celo z razvojem letenja pri žuželkah ali toplokrvnostjo pri sesalcih (Foelix, 1996). Kljub temu, da pajki niso edini organizmi, ki proizvajajo lepljivo nit, pa so edini, ki to pridobitev v različne namene uporabljajo v vseh stopnjah svojega življenja. Ena najbolj značilnih uporab niti pri pajkih je prav gotovo gradnja mrež, katerih glavna naloga je ulov in zaznava plena, služijo pa tudi komunikaciji med osebki (Witt in Rovner, 1982, cit. po Shear 1986) in zaščiti pred plenilci. Najbolj znan in prepoznaven tip mreže pri pajkih je kolesasta mreža, ki jo gradijo tudi pajki rodu *Zygiella* s lat..

V nalogi smo preverjali ali se taksonomija rodu *Zygiella* s. lat. ujema z vedenjskimi znaki, kateri od teh znakov so uporabni v diagnostiki vrst in ali so kateri od znakov morda uporabni tudi v filogenetskih analizah. Poleg tega smo ugotavljali tudi katere vrste se pojavljajo na območju Slovenije, razširjenost vrst v Sloveniji in v katerem delu leta se pojavljajo. V te namene smo v letih 2006 in 2007 merili izbrane lastnosti mrež na skupno 33 lokalitetah ter opazovali ekologijo in vedenje vrst. Na podlagi predhodnih študij skupine Araneoidea (Eberhard, 1982; Griswold s sod., 1998; Kuntner, 2005, 2006, 2007; Kuntner s sod., 2008a, 2008b) smo izbrali in modificirali približno 35 vedenjskih znakov. Kasneje smo nekatere opustili in dodali nekaj novih, tako da smo v nalogi upoštevali 21 merjenih in 10 kombiniranih znakov. Skupno smo izmerili 289 mrež, od katerih smo v analizi upoštevali 88 mrež *L. thorelli*, 71 mrež *P. montana*, 36 mrež *S. stroemi*, 39 mrež *Z. keyserlingi* in 44 mrež *Z. x-notata*.

Poleg štirih v Sloveniji do sedaj najdenih vrst smo našli še vrsto *Zygiella keyserlingi* (Ausserer, 1871), kar je za Slovenijo nov podatek. Rezultati meritev mrež so se pokazali kot uporabni v diagnostiki vrst. Tako so mreže *S. stroemi* najmanjše in najgostejše in najbolj asimetrične. Pogosto imajo prisotne tudi niti lepljive spirale, ki ne krožijo nad središčem. Mreže *P. montana* so majhne, najredkejše, z malo primarnimi žarki in nitmi lepljive spirale ter običajno s pravilno izdelanim sektorjem. Vrsta *L. thorelli* ima asimetrično mrežo z najvišje pomaknjenim središčem. Za mrežo vrste *Z. keyserlingi* je značilno veliko število primarnih žarkov, mreža vrste *Z. x-notata* pa ni prepoznavna po nobenem od znakov. Po vedenjskih znakih očitno lahko od rodu *Zygiella* s. str. diagnosticiramo rodove *Leviellus*, *Parazygiella* in *Stroemiellus*. Slednje je v skladu s predlagano taksonomijo Wunderlicha (2004), vendar bi bila za trdnejšo podporo obstoječe taksonomije potrebna tudi natančnejša filogenetska analiza. Osem vedenjskih znakov se je izkazalo tudi za potencialno filogenetsko uporabne. To so širina mreže, višina mreže, število primarnih žarkov, število niti lepljive spirale, ki zaokrožijo levo od

središča, število niti lepljive spirale, ki ne zaokrožijo pod središčem, število niti lepljive spirale po širini mreže, gostota mreže in asimetrija mreže ter »ladder index«, pri čemer je potrebno upoštevati, da zadnja dva znaka označujeta enako lastnost mreže.

6 VIRI

6.1 CITIRANI VIRI

- Agnarsson I. 2004. Morphological phylogeny of cobweb spiders and their relatives (Araneae, Araneoidea, Theridiidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 141(4): 447-626.
- ap Rhisiart A. in Vollrath F. 1994. Design features of the orb web of the spider, *Araneus diadematus*. *Behavioral Ecology*. 5: 280-287.
- Benjamin S.P. in Zschokke S. 2004. Homology, behaviour and spider webs: web construction behaviour of *Linyphia hortensis* and *L. triangularis* (Araneae: Linyphiidae) and its evolutionary significance. *J. Evol. Biol.* 17: 120-130.
- Blackledge, T.A. 1998. Stabilimentum variation and foraging success in *Argiope aurantia* and *Argiope trifasciata* (Araneae, Araneidae). *Journal of Zoology* 246:21-27.
- Blackledge T.A., Gillespie R.G. 2002. Estimation of capture areas of spider orb webs in relation to asymmetry. *The Journal of Arachnology*. 30: 70-77.
- Blanke R. 1973. Nachweis von Pheromonen bei Netzspinnen. *Naturwissenschaften* 10: 481.
- Breed A.L., Levine D.V., Peakall D.B. in Witt P.N. 1964. The fate of the intact orb web of the spider *Araneus diadematus* Cl. *Behaviour*. 23: 43-60.
- Bristowe, W.S. 1958. *The World of Spiders*. Collins, London.
- Carico J.E. 1984. Secondary use of the removed orb web by *Mecynogea lemniscata* (Walckenaer) (Araneae, Araneidae). *J. Arachnol.* 12: 357-361.
- Carico J.E. 1986. Web removal patterns in orb-weaving spiders. V: *Spiders: Webs, Behavior, and Evolution*. Shaer W.A. (ur.). Stanford University Press: 306-318.
- Chacon P. in Eberhard W.G. 1980. Factors affecting numbers and kinds of prey caught in artificial spider webs, with considerations of how orb webs trap prey. *Bulletin of the British Arachnological Society* 5: 29 – 38.
- Coddington J.A. 1986. The Monophyletic Origin of the Orb Web. V: *Spiders: Webs, Behavior, and Evolution*. Shaer W.A. (ur.). Stanford University Press: 319-363.

- Craig C.L. 1986. Orb-web visibility: the influence of insect flight behaviour and visual physiology on the evolution of web design within the Araneoidea. *Animal Behaviour*. 34: 54-68.
- Craig CL, Bernard GD, 1990. Insect attraction to ultraviolet-reflecting spider webs and web decorations. *Ecology* 71: 616-623
- de Pinna M.C.C. 1991. Concepts and tests of homology in the cladistic paradigm. *Cladistics* 7: 367-394.
- deQueiroz A. in Wimberg P.H. 1993. The usefulness of behavior for phylogeny estimation: levels of homoplasy in behavioral and morphological characters. *Evolution* 47: 46-60.
- Eberhard W.G. 1975. The 'inverted ladder' orb web of *Scoloderus* sp. and the intermediate orb of *Eustala* (?) sp. *Araneae: Araneidae*. *Journal of Natural history* 9: 93-106.
- Eberhard W.G. 1982. Behavioral characters for the higher classification of orb-weaving spiders. *Evolution* 36: 1067-1095.
- Eberhard W.G. 1986. Effects of orb-web geometry on prey interception and retention. *Spiders – webs, behaviour and evolution*. (W. A. Shear ed.). pp. 70-100.
- Eberhard W.G. 1989. Effects of orb web orientation and spider size on prey retention. *Bulletin of the British Arachnological Society* 8: 45 – 48.
- Eberhard W.G. 1990. Function and phylogeny of spider webs. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 21: 341-372.
- Foelix R.F. 1996. *Biology of Spiders*, 2nd ed. Oxford University Press. Georg Thieme Verlag.
- Freundenstein J.V. 2005: Characters, states, and homology. *Syst Biol*. 54(6): 965-973.
- Griswold C.E., Coddington J.A., Hormiga G., Scharff N. 1998. Phylogeny of the orb-web building spiders (Araneae, Orbicularia: Deinopoidea, Araneoidea). *Zool. J. Linn. Soc.* 123: 1-99.

- Heiling A.M. in Herberstein M.E. 1998. The web of *Nuctenea sclopetaria* (Araneae, Araneidae): Relationship between body size and web design. *Journal of Arachnology*. 26: 91-96.
- Herberstein M.E. in Heiling A.M. 1999. Asymmetry in spider orb-webs: a result of physical constraints? *Animal Behaviour* 58(6): 1241-1246.
- Herberstein M.E., Craig C.L., Coddington J.A., Elgar M.A. 2000. The functional significance of silk decorations of orb-web spiders: a critical review of the empirical evidence [Review]. *Biological Reviews* 75: 649-669.
- Jackson R.R. 1973. Nomenclature for orb web thread connections. *Bull. British Arachnol. Soc.* 2: 125-126.
- Kaston B.J. 1964. The evolution of spider webs. *Amer. Zool.* 4: 191.
- Krieger M. 1992. Radienbau im Netz der Radnetzspinne. Diplomarbeit, Universität Basel.
- Kuntner, M. 2005. A revision of *Herennia* (Araneae, Nephilidae, Nephilinae), the Australasian 'coin spiders'. *Invertebrate Systematics* 19: 391-436.
- Kuntner M. 2006. Phylogenetic systematics of the Gondwanan nephilid spider lineage Clitaetrinae (Araneae, Nephilidae). *Zool. Scr.* 35, 19-62.
- Kuntner, M. 2007. A monograph of *Nephilengys*, the pantropical 'hermit spiders' (Araneae, Nephilidae, Nephilinae). *Systematic Entomology* 32: 95-135.
- Kuntner M., Coddington J.A., Hormiga G. 2008a. Phylogeny of extant nephilid orb-weaving spiders (Araneae, Nephilidae): testing morphological and ethological homologies. *Cladistics* 24: 147-217.
- Kuntner M., Haddad C.R., Aljančič G. in Blejcek A. 2008b. Ecology and web allometry of *Clitaetra irenae*, an arboricolous African orb-weaving spider (Araneae, Araneoidea, Nephilidae). *Journal of Arachnology* 36: 000-000.
- Kuntner M. in Kostanjšek R. 2000. Prispevek k poznavanju favne pajkov zahodne Slovenije (Arachnida: Araneae). [A faunistic-ecological contribution to the knowledge of the spider fauna of western Slovenia-English summary and tables.] *Natura Sloveniae* 2(1): 13-28.

- Kuntner M. in Šereg I. 2002. Additions to the spider fauna of Slovenia, with a comparison of spider species richness among European countries. *Bull. Br. arachnol. Soc.* 12(4): 185-195.
- Levi H.W. 1974. The orb-weaver genus *Zygiella* (Araneae: Araneidae). *Bull. Mus. Comp. Zool.* 146(5): 267-290.
- Levi H.W. 1977. The American orb-weaver genera *Cyclosa*, *Metazygia* and *Eustala* north of Mexico (Araneae: Araneidae). *Bull. Mus. Comp. Zool.* 148: 61-127.
- Levi H.W. 1980. The orb-weaver genus *Mecynogea*, the subfamily *Metinae* and the genera *Pachygnatha*, *Glenognatha* and *Azilia* of the subfamily Tetragnathinae north of Mexico (Araneae: Araneidae). *B. Mus. Comp. Zool.* 149: 1-75.
- Levy G. 1987. Spiders of the genera *Araniella*, *Zygiella*, *Zilla* and *Mangora* (Araneae, Araneidae) from Israel, with notes on *Metellina* species from Lebanon. *Zoologica Scr.* 16: 243-257.
- Lin L., Edmonds D. in Vollrath F. 1995. Structural engineering of a spider's web. *Nature.* 373: 146-148.
- Masters M.W. 1984. Vibrations in the orbwebs of *Nuctenea sclopetaria* (Araneidae). I. Transmission through the web. *Behavioural Ecology and Sociobiology.* 15: 207-215.
- Masters M.W. in Moffat A. 1983. A functional explanation of top-bottom asymmetry in vertical orbwebs. *Animal Behaviour.* 31: 1043-1046.
- Mayer G. 1952. Untersuchungen über die Herstellung und Struktur des Radnetzes von *Aranea diadema* und *Zilla x-notata* mit besonderer Berücksichtigung des Unterschiedes von Jugend- und Altersnetzen. *Z. Tierpsychol.* 9: 337-362.
- Nentwig H., Hänggi A., Kropf C. & Blick, T. 2003. Central European Spiders - Determination Key [<http://www.araneae.unibe.ch/>]
- Opell B.D. 1999a. Changes in spinning anatomy and thread stickiness associated with the origin of orb-weaving spiders. *Biological Journal of the Linnean Society.* 68: 593-612.
- Opell B.D. 1999b. Redesigning spider webs: stickiness, capture area and the evolution of modern orb-webs. *Evolutionary Ecology Research.* 1: 503-516

- Patterson C. 1988. Homology in Classical and Molecular Biology. *Mol. Biol. Evol.* 5(6): 603-625.
- Peters H.M. 1937. Studien am Netz der Kreuzspinne (*Araneus diadematus*). I. Die Grundstruktur des Netzes und Beziehungen zum Bauplan des Spinnenkörpers. *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere.* 32: 613-649.
- Peters H.M. 1953. Weitere Untersuchungen über den strukturellen Aufbau des Radnetzes der Spinnen. *Zeitschrift für Naturforschung.* 2b: 227-232.
- Peters H.M. 1989. On the structure and glandular origin of bridging lines used by spiders for moving to distant places. *Acta Zool. Fennica.* 190: 309-314.
- Platnick N.I. 2008. The World Spider Catalog, Version 8.5. The American Museum of Natural History. [<http://research.amnh.org/entomology/spiders/catalog/>]
- Pleijel F. 1995. On character coding for phylogeny reconstruction. *Cladistics* 11: 309-315.
- Price J.J. in Lanyon S.M. 2002. Reconstructing the evolution of complex bird song in the Oropendolas. *Evolution* 56: 1514-1529.
- Prum R.O. 1990. Phylogenetic analysis of the evolution of display behavior in the neotropical manakins (Aves: Pipridae). *Ethology* 84: 202-231.
- Roberts M.J. 1995. Spiders of Britain & Northern Europe. Collins Field Guide, HarperCollins Publishers, London.
- Robinson M.H. in Robinson B. 1973. The stabilimenta of *Nephila clavipes* and the origins of stabilimentum-building in Araneids. *Psyche.* 80: 277.
- Rypstra A.L. 1982. Building a better insect trap: an experimental investigation of prey capture in a variety of spider webs. *Oecologia.* 52: 31-36.
- Scharff N., Coddington J.A. 1997. A phylogenetic analysis of the orb-weaving spider family Araneidae (Arachnida, Araneae). *Zool. J. Linn. Soc.* 120: 355-434.
- Schuh R.T. 2000. Biological systematics: principles and applications. Cornell University Press, London.
- Shaer W.A. 1986. Introduction. Spiders: Webs, Behavior, and Evolution. Shaer, W.A. (ur.). Stanford University Press: 1-8.

- Shultz J.W. 1987. The origin of the spinning apparatus in spiders. *Biol. Rev.* 62: 89.
- SPSS 13.0 for Windows. 2004. SPSS Inc. (1. september 2004).
- Stace C.A. 1991. *Plant taxonomy and biosystematics* (2.ed.). Cambridge University Press.
- Swanson, B.O., T.A. Blackledge and C.Y. Hayashi. 2007. Spider capture silk: performance implications of variation in an exceptional biomaterial. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological Genetics and Physiology.* 307A: 654-666.
- Thompson D.A.W. 1992. *On growth and form.* Cambridge University Press, Cambridge.
- Uradni list Republike Slovenije 2002. Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam, MP82/02: 8893-8975. Verzija 2002. Dostopno na: <http://www.uradni-list.si/1/content?id=38615&part=&highlight=rde%C4%8Di+seznam>.
- von Frisch K. 1974. *Animal architecture.* Harcourt Brace Jovanovich, New York.
- Wiehle H. 1927. Beiträge zur Kenntnis des Radnetzbaues der Epeiriden, Tetragnathiden und Uloboriden. *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere.* 8: 468-537.
- Wiehle H. 1949. *Vom Fanggewebe einheimischer Spinnen.* Neue Brehm-Bücherei. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig, Leipzig.
- Wainwright S.A., Briggs W.D., Currey J.D. in Gosline J.M. 1976. Mechanical design in organisms. Edward Arnold, London.
- Wimberg P.H. in de Queiroz A. 1996. Comparing behavioral and morphological characters as indicators of phylogeny. V: *Phylogenies and the Comparative Method in Animal Behavior.* Martins E.P. (ur.). Oxford University Press: 206-233.
- Wirth E. in Barth F.G. 1992. Forces in the spider orb web. *Journal of Comparative Physiology. A* 171: 359-371.
- Witt P.N. 1952. Ein einfaches Prinzip zur Deutung einiger Proportionen im Spinnennetz. *Behaviour.* 4: 172-189.

Witt P.N., Reed C.F. in Peakall D.B. 1968. A spider's web: problems in regulatory biology. Springer, Berlin.

Witt P.N. in Rovner J.S. 1982. Spider Communication: Mechanisms and Ecological Significance. Princeton Univ. Press, Princeton, N.J.

Wunderlich J. 2004. Fossil spiders in amber and copal. Conclusions, revisions, new taxa and family diagnoses of fossil and extant taxa. Beiträge zur Araneologie, 3A-B, 1-1908.

Zschokke S. 1999. Orb-web nomenclature. The Journal of Arachnology. 27: 542-546.

Zschokke S. 2002. Form and function of the orb-web. European Arachnology 2000. Toft S. in Scharff N. (ur.): 99-106.

Zschokke S. in Vollrath F. 2000. Planarity and size of orb-webs built by *Araneus diadematus* (Araneae: Araneidae) under natural and experimental conditions. Ekologia (Bratislava). 19 Suppl. 3: 307-318.

Zschokke S. 2006. Osebna spletna stran (8. avgust 2006).
<http://www.conservation.unibas.ch/team/zschokke/index.php> (17. julij 2008).

7 ZAHVALA

Za takšno obliko diplomske naloge, kot jo držite sedaj v rokah, gre neposredna zahvala ljudem, ki so bili z njo v tesnejši povezavi. Mentorjema dr. Matjažu Kuntnerju in doc. dr. Roku Kostanjšku ter recenzentu prof. dr. Petru Trontlju se zahvaljujem za vse predloge in konstruktivne kritike, ki so pomagale narediti delo boljše, predsedniku komisije doc. dr. Rudiju Verovniku pa za vodenje protokola ob zagovoru diplomskega dela. Simoni Kralj-Fišer se zahvaljujem za pomoč pri statistični obdelavi in terenskem delu, Dragici Turjak pa za lekturo. Hkrati bi se rad Roku zahvalil za to, da me je vpeljal v strokoven svet pajkov, brez česar moj napredek ne bi bil možen, Matjažu pa za vso pomoč in odpiranje vrat v svet bolj »profesionalne araneologije«.

Nikakor pa ne smem mimo prijateljev, ki so v več pogledih pomagali pri nastanku diplomske naloge. Na terenu so tudi podvojili ali potrojili hitrost mojega dela, ki je bilo hkrati tudi bolj zabavno, pogosto pa so takšne terenske dni zaznamovale tudi dobre, ki si jih sam na terenu sicer ne bi privoščil (npr. divjačinski golaž, gobova juha, praženi jurčki, čevapi s čebulo, papriko in gorčico, razne sladkarije iz lokalnih trgovin in drugo). Tudi skupinsko urejanje podatkov in pisanje diplomskih nalog je v nekaterih pogledih neprecenljivo. Tako se za vso omenjeno pomoč zahvaljujem Meliti, Lovrotu, Martinu, Tei, Marjetki, Rebeki in Juretu.

Posebna zahvala gre seveda mojim najbližjim. Zahvaljujem se očetu in mami, da sta dobro prenesla moje odraščanje in vedno razumela mojo čudno naklonjenost do vseh teh čudnih, majhnih, večnožnih stvorov, ki sem jih že kot osnovnošolček vztrajno nosil v stanovanje in skrival pred njima ter me pozneje tudi podpirala na moji nadaljni poti.

Zahvala gre tudi vsem prijateljem in kolegom, v katerih družbi so bila pretekla leta res nepozabna. Predvsem gre zahvala tistim, ki so bili vedno ob meni, ko sem jih potreboval.

Meliti se zahvaljujem za vse, kar mi je kot prijateljica dala. Ob vseh veselih trenutkih seveda tudi za oporo, ki mi jo je nudila v vsakem težkem trenutku in za to, da me je naučila, da lahko tudi moški pokaže čustva. Tega sicer še nisem storil natanko v takšni obliki, kot si bi to verjetno predstavljala ona, vseeno pa si ravno to lahko predstavljam samo ob njej.

Boštjanu se zahvaljujem za vsa leta dobrega prijateljstva, za vse srečne in manj srečne trenutke, ki sva jih preživela skupaj, za vse sladke in grenke skrbi, ki so okupirale najin čas. Nobena kava ali pivo ni bilo izguba časa.

Martinu se zahvaljujem za vse globoke debate, ki sva jih imela ne glede na (pozno) uro, za vse odlične jedi, ki so popestrile marsikateri večer, za vse pogovore, ko so ti bili potrebni in za vse ostalo.

Juretu se zahvaljujem za njegovo nagajivo naravo, ki je marsikateri dogodek naredila zabavnejši vse od srednje šole naprej ter za dobro družbo ob vseh teh kavah zadnjih let.

Zahvaljujem se vsem, ki so popestrili moje dijaško in študentsko življenje – tistim, s katerimi smo čagirali/žurali, tistim, ki so bili del filmskih oz. boardgame noči, članom »kulinarične sekcije«, članom »the pathetic soccer league«, vsem, ki so bili dobra družba na terenih in vseh drugih dogodkih. Naj torej naštejem še tiste, ki do sedaj niso bili poimensko omenjeni – zahvaljujem se Borutu, Maji S., Maji C., Mateju H., Mateju Ke., Mateju Ka., Alešu, Darkotu, Primožu, Iztoku, Ireni, Nini, Gregorju K., Gregorju Ž., Luki, Romanu, Krisu, Markotu & Maji J., Špeli, Tjaši, Darinki, Urši, Frenku, Draganu, Barbari, Iceku, Renati in vsem ostalim, ki sem jih sedaj v naglici pozabil naštet.

Na koncu bi se rad zahvalil še pastirju Kaldiju in njegovim kozam, ki so glede na legende prvi opazili učinek plodov kavovca in občutno pripomogli k za človeštvo nedvomno izjemno pomembnemu izumu, brez katerega marsikateri raziskovalec danes ne bi preživel tedna.

PRILOGE

Priloga A: Povprečja znakov s standardno deviacijo in številom meritev za posamezno vrsto.

Vrsta	<i>L. thorelli</i>			<i>P. montana</i>			<i>S. stroemi</i>			<i>Z. keyserlingi</i>			<i>Z. x-notata</i>			Skupno		
	Povprečno	N	SD	Povprečno	N	SD	Povprečno	N	SD	Povprečno	N	SD	Povprečno	N	SD	Povprečno	N	SD
A01	4,45	88,00	2,51	4,08	71,00	2,02	4,42	36,00	2,33	5,05	39,00	1,67	3,95	44,00	2,03	4,36	278,00	2,20
A02	0,33	88,00	0,56	0,30	71,00	0,54	0,69	36,00	0,75	0,21	39,00	0,47	0,09	44,00	0,29	0,31	278,00	0,56
A03	16,27	88,00	3,60	13,62	71,00	3,23	6,16	36,00	2,04	16,29	39,00	4,54	15,70	44,00	3,00	14,20	278,00	4,72
A04	25,12	88,00	5,41	18,28	71,00	4,16	12,08	36,00	4,62	21,10	39,00	5,97	21,68	44,00	4,60	20,58	278,00	6,48
A05	7,68	88,00	2,25	7,04	71,00	2,16	4,83	36,00	1,78	8,12	39,00	3,01	8,09	44,00	2,18	7,27	278,00	2,49
A06	6,79	23,00	2,02	5,90	71,00	1,55	2,89	36,00	0,97	7,11	38,00	2,01	6,84	44,00	1,79	5,90	212,00	2,19
A07	166,66	88,00	65,19	174,77	71,00	65,27	121,36	36,00	53,96	143,36	39,00	64,13	148,11	44,00	50,55	156,66	278,00	63,67
A08	1,47	88,00	0,73	1,89	71,00	0,46	1,42	36,00	0,81	1,05	39,00	0,89	1,36	44,00	0,87	1,49	278,00	0,77
A09	13,50	2,00	6,36	11,83	40,00	5,55	5,17	6,00	1,94	9,58	18,00	1,77	10,53	20,00	2,37	10,63	86,00	4,46
A10	20,26	23,00	13,39	24,23	71,00	16,15	19,42	26,00	13,69	26,56	18,00	21,90	34,85	20,00	33,23	24,47	158,00	19,44
A11	41,65	23,00	23,01	55,54	71,00	22,50	29,44	27,00	23,23	19,38	26,00	21,20	27,27	22,00	22,01	40,24	169,00	26,43
A12	30,03	88,00	6,41	23,90	71,00	6,03	32,42	36,00	7,54	41,29	31,00	8,05	34,49	43,00	6,02	30,74	269,00	8,44
A13	0,53	88,00	0,79	0,37	71,00	0,54	0,33	36,00	0,63	0,58	31,00	0,72	0,93	43,00	1,12	0,53	269,00	0,79
A14	0,01	88,00	0,11	0,00	71,00	0,00	0,00	36,00	0,00	0,00	31,00	0,00	0,05	43,00	0,30	0,01	269,00	0,14
A15	13,43	88,00	6,65	10,01	71,00	4,50	20,42	36,00	12,41	20,34	38,00	9,03	17,05	44,00	8,73	14,99	277,00	8,78
A16	32,35	88,00	8,78	17,68	71,00	5,23	29,17	36,00	10,26	35,55	38,00	11,64	30,57	44,00	8,38	28,33	277,00	10,78
A17	20,64	88,00	7,34	12,07	71,00	5,05	16,91	35,00	7,85	25,74	38,00	8,03	18,70	44,00	7,82	18,36	276,00	8,31
A18	18,64	88,00	7,29	11,31	71,00	5,26	19,57	35,00	9,89	25,08	38,00	9,63	21,93	44,00	8,71	18,28	276,00	9,04

Priloga A: Povprečja znakov s standardno deviacijo in številom meritev za posamezno vrsto.

Vrsta	<i>L. thorelli</i>			<i>P. montana</i>			<i>S. stroemi</i>			<i>Z. keyserlingi</i>			<i>Z. x-notata</i>			Skupno		
	Povprečno	N	SD	Povprečno	N	SD	Povprečno	N	SD	Povprečno	N	SD	Povprečno	N	SD	Povprečno	N	SD
A19	17,26	88,00	7,73	5,38	71,00	2,82	22,44	36,00	13,43	10,34	38,00	5,62	11,14	44,00	6,16	12,97	277,00	9,37
A20	0,00	88,00	0,00	0,06	71,00	0,47	1,64	36,00	3,95	0,21	38,00	1,02	0,09	44,00	0,42	0,27	277,00	1,58
A21	5,37	22,00	0,92	3,48	31,00	0,52	2,32	18,00	0,31	3,25	25,00	0,48	3,51	19,00	0,61	3,62	115,00	1,11
B01	0,69	88,00	0,08	0,62	71,00	0,07	0,59	36,00	0,10	0,62	39,00	0,09	0,63	44,00	0,08	0,64	278,00	0,09
B02	0,43	23,00	0,08	0,43	71,00	0,06	0,47	36,00	0,07	0,44	38,00	0,06	0,44	44,00	0,08	0,44	212,00	0,07
B03	63,05	88,00	14,68	33,13	71,00	9,42	73,67	36,00	28,59	66,45	38,00	18,81	58,84	44,00	16,30	56,56	277,00	22,14
B04	39,27	88,00	9,57	23,38	71,00	7,87	36,49	35,00	15,28	50,82	38,00	14,30	40,64	44,00	12,89	36,64	276,00	14,32
B05	2,54	88,00	0,48	1,83	71,00	0,37	6,32	36,00	2,09	3,24	38,00	0,89	2,79	44,00	0,84	2,98	277,00	1,66
B06	2,45	88,00	0,59	1,71	71,00	0,44	6,04	35,00	1,97	3,26	38,00	1,19	2,69	44,00	0,99	2,87	276,00	1,64
B07	1,56	88,00	0,26	1,36	71,00	0,21	1,98	36,00	0,44	1,33	39,00	0,31	1,41	44,00	0,30	1,51	278,00	0,36
B08	331,43	88,00	139,76	203,25	71,00	83,88	64,41	36,00	47,83	283,50	39,00	146,77	272,54	44,00	94,61	248,07	278,00	141,16
B09	0,34	88,00	0,11	0,25	71,00	0,12	0,47	36,00	0,12	0,21	39,00	0,19	0,26	44,00	0,16	0,30	278,00	0,16
B10	58,09	22,00	24,64	54,51	31,00	25,30	30,97	18,00	19,14	85,79	25,00	46,14	62,68	19,00	22,04	59,66	115,00	33,89