

# **Autoreferat**

dr Teresa Napiórkowska

Zakład Zoologii Bezkręgowców  
Wdział Biologii i Ochrony Środowiska  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

## Załącznik 2a

---

### 1. Dane personalne

Dr Teresa Maria Napiórkowska

Zakład Zoologii Bezkręgowców

Wydział Biologii i Ochrony Środowiska

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

### 2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

**Stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk biologicznych, w zakresie biologii:** 6. 06. 2003, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Zakład Zoologii Bezkręgowców, praca doktorska pt. „Epimorficzna regeneracja odnóży w różnych typach potworności u pająka *Tegenaria atrica* C.L.Koch”. Promotor: dr hab. Lech Jacuński, prof. UMK

**Tytuł magistra biologii:** 29. 07. 1989, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Zakład Zoologii Kręgowców, praca magisterska pt. „Budowa i rozmiary tarczycy młodszych stadiów larwalnych *Xenopus laevis* (Daudin)”. Promotor: dr hab. Andrzej Przystalski.

### 3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

**1.10.2016 – obecnie:** Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Zakład Zoologii Bezkręgowców, stanowisko: asystent

## Załącznik 2a

---

**1.10.2004 – 30.09.2016:** Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Zakład Zoologii Bezkręgowców, stanowisko: adiunkt

**1.11.1995 – 30.09.2004:** Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi (obecnie: Wydział Biologii i Ochrony Środowiska), Zakład Zoologii Bezkręgowców, stanowisko: asystent

**1.03.1995 – 30.06.1995:** Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Instytut Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa, Zakład Konserwacji Papieru i Skóry, stanowisko: starszy referent techniczny

**1.09.1989 – 31.07.1992:** Akademia Medyczna im Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy, Katedra i Zakład Biologii, stanowisko: samodzielne stanowisko biologa

4. Wskazanie osiągnięcia\* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311):

- a) tytuł osiągnięcia naukowego

**Rozwój i struktura centralnego układu nerwowego w postembriogenezie pająków oraz zmiany w budowie tego układu w anomaliach rozwojowych na przykładzie *Eratigena atrica***

- b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy), *IF*, *punktacja Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego – zgodne z rokiem opublikowania*

**Na osiągnięcie naukowe składa się jednotematyczny cykl 6 publikacji z lat 2013-2018:**

[1]. **Napiórkowska T.**, Kobak J., 2017: The allometry of the central nervous system during the postembryonic development of the spider *Eratigena atrica*. *Arthropod Structure & Development* 46: 805-814. DOI 10.1016/j.asd.2017.08.005

## Załącznik 2a

---

( $IF_{2017} = 1.546$ ,  $IF_{5-letni} = 1.690$ ; MNiSW: 30).

[2]. **Napiórkowska T.**, Kobak J., 2018: The allometry of the arcuate body in the postembryonic development of the giant house spider *Eratigena atrica*. *Invertebrate Neuroscience* 18: 1-9. DOI 10.1007/s10158-018-0208-4

( $IF_{2017} = 0.947$ ,  $IF_{5-letni} = 1.032$ ; MNiSW: 15)

[3] **Napiórkowska T.**, Templin J., Napiórkowski P., 2013: The central nervous system of heterosymelic individuals of the spider *Tegenaria atrica*. *Folia Biologica (Kraków)* 61(3-4): 283-289. DOI 10.3409/fb61\_3-4.283

( $IF_{2013} = 0.478$ ,  $IF_{5-letni} = 0.642$ ; MNiSW:20)

[4]. **Napiórkowska T.**, Napiórkowski P., Templin J., 2015: Morphological and anatomical changes related to leg anomalies in *Tegenaria atrica*. *Zoomorphology* 134: 237-245. DOI 10.1007/s00435-015-0260-0

( $IF_{2015} = 1.242$ ,  $IF_{5-letni} = 1.437$ ; MNiSW: 30)

[5]. **Napiórkowska T.**, Napiórkowski P., Templin J., Wołczuk K., 2016. Bicephality, a seldom occurring developmental deformity in *Tegenaria atrica* caused by alternating temperatures. *Journal of Thermal Biology* 60: 125-131. DOI 10.1016/j.therbio.2016.06.015

$IF_{2016} = 2.157$ ,  $IF_{5-letni} = 1.885$ ; MNiSW: 30)

[6]. **Napiórkowska T.**, Napiórkowski P., Templin J., 2016: Morphometric changes of the central nervous system of oligomelic *Tegenaria atrica* spiders. *Folia Biologica (Kraków)* 64(2): 113-119. DOI 10.3409/fb64\_2.113

( $IF_{2016} = 0.581$ ,  $IF_{5-letni} = 0.636$ ; MNiSW: 15)

Sumaryczny 5-letni *impact factor* publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego wynosi **7.322**, natomiast sumaryczny *impact factor* z roku opublikowania: **6.951**.

Sumaryczna liczba punktów MNiSW za te prace wynosi **140** (zgodnie z rokiem opublikowania).

Liczba cytowań tych prac wg Web of Science: **13**.

**We wszystkich pracach jestem autorem pierwszym i korespondencyjnym.**

- c) Omówienie celu naukowego w. w. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

### **Wstęp (ze stanem wiedzy na temat)**

U stawonogów struktura centralnego układu nerwowego jest ściśle związana z morfologiczną budową ciała i obecnością odnóży, w które wyposażone są poszczególne tagmy (Barth, 2002). Do stosunkowo prostych pod tym względem należą pająki: ich ciało stanowi prosoma z sześcioma parami odnóży i opistosoma, na której obecne są kądziołki przedne będące strukturami pochodzenia przysadkowego (Wolff i Hilbrant, 2011; Mittmann i Wolff, 2012). Cały centralny układ nerwowy tych stawonogów znajduje się w prosomie i charakteryzuje się wysoką koncentracją zwojów nerwowych. Dlatego też metameryczna budowa tego układu najlepiej zaznaczona jest u embrionów, ale także u pajaków stosunkowo prymitywnych, za jakie uważa się przedstawicieli Mesothelae (Foelix, 1996). Wszystkie, pierwotnie parzyste zwoje nerwowe są uorganizowane w dwa zespoły. Jednym z nich jest mniejszy zwój nadprzelykowy, który z ontogenetycznego punktu widzenia stanowi mózg (Barth, 2002). Owalny, podzielony podłużną bruzdą na dwie połowy mózg, leży w przedniej części prosomy pełniąc funkcję nadrzędną, bowiem zawiera najważniejsze centra asocjacyjne i optyczne (Babu i Barth, 1984; Weltzien i Barth, 1991; Strausfeld i Barth, 1993; Strausfeld i in., 1993; Kovoov i in., 2005; Loesel i in., 2011). Unerwia on nie tylko oczy, ale również koordynuje działanie mięśni szczękoczułków, gardzieli oraz gruczołów jadowych (Foelix, 1996; Punzo, 2007). Jednakże segmentacja mózgu pajaków była i jest przedmiotem badań i nieustannych dyskusji, bowiem niektórzy arachnolodzy są zdania, że jest on tworzony przez *protocerebrum* i *tritocerebrum*, natomiast inni wyróżniają jeszcze *deutocerebrum*, które jest połączone z *protocerebrum*, a powstały odcinek określają terminem *syncerebrum* (Legendre, 1979; Babu, 1985; Weygold, 1985; Babu i Barth, 1994; Damen i in., 1998; Telford i Thomas, 1998; Mittmann i Scholtz, 2003). Drugą częścią centralnego układu nerwowego pajaków jest zwój podprzelykowy. Leży on po brzusznej stronie prosoma, a od mózgu oddziela go przechodzący horyzontalnie przelyk (Foelix, 1996). Ta część układu, przypominająca swoim kształtem gwiazdę, jest utworzona z połączonych zwojów nogogłaszczkowych, zwojów odnóży chodowych oraz zwojów opistosomalnych. Od połączonych zwojów opistosomalnych

## Załącznik 2a

---

odchodzą włókna nerwowe, które kierując się ku tyłowi tworzą *cauda equina* przechodzący przez petiolus do opistosomy (Babu, 1965; Wegerhoff i Breidbach, 1995; Foelix, 1996; Punzo, 2007; Park i Moon, 2013; Park i in., 2013).

W budowie histologicznej centralnego układu nerwowego widoczny jest podział na korteks oraz neuropil. Korteks, zlokalizowany na peryferiach zwojów, złożony jest ciał komórkowych neuronów, wśród których wyróżnia się neurony motoryczne, interneurony, komórki neurosekrecyjne oraz glejowe (Babu, 1975, 1985; Gronenberg, 1989, 1990). Podczas gdy ciała komórkowe neuronów zajmują głównie pozycję przedniogrzebietową oraz boczną zwoju nadprzełykowego, w regionie podprzełykowym rozkładają się po stronie brzusznej oraz brzuszno-bocznej (Barth, 2002). Wnętrze ganglionów wypełnia neuropil, gęsta i zbita masa włókien nerwowych. Jest to miejsce połączeń synaptycznych między neuronami, wysoce uorganizowane w podłużne i poprzeczne trakty (Babu, 1975; Barth, 2002).

Od wielu lat badania centralnego układu nerwowego pajaków cieszą się niesłabnącym zainteresowaniem naukowców. Warto tutaj wspomnieć o obszernej i pionierskiej pracy Babu (1965), w której zaprezentowano anatomiczną i histologiczną strukturę tego układu u pająka *Poecilotheria* sp. w konfrontacji z innymi przedstawicielami pajęczaków. Kolejne prace tego autora to kontynuacja i rozszerzenie obserwacji o dalsze aspekty badawcze u *Poecilotheria* sp. (1969), a także *Argiope aurantia* (1975). W kolejnych latach, Babu i Barth (1984) przeanalizowali strukturę centralnego układu nerwowego u *Cupiennius salei*, Hwang i Moon (2003) u *Achaeearanea tepidariorum*, Hill (2006) u *Phidippus*, Park i Moon (2013) u *Araneus ventricosus*, a Park i in. (2013) u *Nephila clavata*, dostarczając szczegółowych informacji o układzie nerwowym pajaków należących do różnych rodzin i cechujących się odmiennym stylem życia.

Przytoczone prace wskazują, że o ile usytuowanie i struktura centralnego układu nerwowego dorosłych pajaków zostały wystarczająco poznane, to literatura dotycząca rozwoju tego układu w postembriogenezie jest nadal uboga. Wprawdzie problem allometrii centralnego układu nerwowego, a zwłaszcza mózgu u owadów został przedstawiony dość szczegółowo (Kern, 1985; Beutel i in., 2005; Mares i in., 2005; Wehner i in., 2007; Grebennikov, 2008; Polilov i Beutel, 2009; Riveros i Gronenberg, 2010; Seid i in., 2011; Van der Voude i in., 2013), to zdecydowanie mniej informacji odnosi się do pajaków (Babu, 1975; Quesada i in., 2011). Babu (1975) przeanalizował rozwój układu u *Argiope aurantia* (Araneidae), typowego pająka sieciowego o dobrze poznanej ekologii, biologii i behawiorze

## Załącznik 2a

---

(Enders, 1973, 1976; Harwood, 1974; Lockley i Young, 1993; McReynolds, 2000). Badania wykazały, że układ nerwowy *A. aurantia* rozwija się allometrycznie w stosunku do objętości prosomy i masy ciała osobników. We wczesnych stadiach rozwojowych zajmuje on stosunkowo dużą objętość prosomy. Udział jego objętości w objętości prosomy u tego gatunku pająka wynosi około 50%, po czym maleje, osiągając u dorosłych samic 12%, a u samców 6% objętości prosomy. Należy jednak podkreślić, że objętość tego układu wzrasta od stadium larwalnego do osiągnięcia dojrzałości płciowej, co spowodowane jest głównie intensywnym rozrostem neuropilu. Co więcej, objętość mózgu w początkowym stadium postembrionalnym jest zbliżona do objętości zwoju podprzetykowego, natomiast w kolejnych stadiach rozwojowych objętość zwoju podprzetykowego jest zdecydowanie większa niż objętość mózgu, a więc tempo wzrostu tych składowych układu jest różne. Stworzony przez Babu (1975) model rozwoju centralnego układu nerwowego dotyczy tylko jednego gatunku pająka, typowo sieciowego, który buduje promieniste, o wielkiej precyzji sieci łowne ze stabilimentum i spiralą lepką. Sieci te tworzone są w miejscach wystawionych na działanie promieni słonecznych i są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania gatunku w środowisku. Jednakże, w związku z istniejącą różnorodnością pajęczej fauny, badania Babu (1975) wydają się niewystarczające i tylko dotyczą zagadnienia dotyczącego postembrionalnego rozwoju centralnego układu nerwowego pajaków. Różnice w behawiorze przędzenia sieci oraz sposobie polowania między pajakami mogą być potencjalnie związane z modelem rozwoju tegoż układu. Istnieją więc w tym temacie duże braki w wiedzy.

Inną pracą, rzucającą więcej światła na zagadnienie allometrii centralnego układu nerwowego u pajaków, jest studium Quesada i in. (2011). Przeprowadzili oni badania centralnego układu nerwowego u dziewięciu gatunków pajaków należących do sześciu rodzin: Mysmenidae, Anapidae, Theridiidae, Tetragnathidae, Araneidae oraz Nephilidae. Do swoich badań wybrali więc gatunki konstruujące różne typy sieci oraz różniące się masą i rozmiarami ciała. Wyniki ich badań wskazują, że u bardzo małych gatunków pajaków stosunek rozmiaru centralnego układu nerwowego do rozmiaru prosomy jest względnie większy niż u gatunków cechujących się zdecydowanie większą masą i rozmiarami ciała. Poza tym, u dorosłych osobników bardzo małych gatunków pajaków cały centralny układ nerwowy ma objętość zbliżoną do objętości tego układu u nimf II zdecydowanie większych gatunków, analizowanych przez powyższych autorów. Należy też zaznaczyć, że autorzy po raz pierwszy zauważyli szczególną właściwość tego układu, a mianowicie fakt, że u

## Załącznik 2a

---

mniejszych gatunków pajaków i we wczesnych stadiach rozwojowych dużych gatunków centralny układ nerwowy, nie mogąc pomieścić się w ograniczonej przestrzeni prosomy, rozciąga się aż do bioder odnóży, zajmując około 26% ich objętości. Ponadto, u świeżo wylęgłych osobników *Leucauge mariana*, autorzy zauważyli stosunkowo duże wybrzuszenie mostka, które było wypełnione ganglionem podprzełykowym. Takie modyfikacje związane z miniaturyzacją rozmiarów ciała były notowane również u innych zwierząt, np. u owadów. Pomimo wzrostu rozmiarów ciała, układ nerwowy, a szczególnie mózg, nie mogąc pomieścić się w tagmie głowowej rozciąga się u nich do sąsiedniej części ciała, do tułowia (Beutel i in., 2005; Grebennikov, 2008; Niven i Farris, 2012).

Kolejnym, interesującym zagadnieniem poruszonym w literaturze naukowej dotyczącej centralnego układu nerwowego u stawonogów jest struktura i funkcja specyficznych obszarów neuropilarnych w mózgu. Na przykład, u owadów mogą być one odpowiedzialne za chodzenie (Strauss, 2002), wydawanie dźwięków (Hoffmann i in., 2007), długoterminową pamięć węchową (Wu i in., 2007) czy widzenie światła spolaryzowanego (Heinze i Homberg, 2007). Takie obszary stwierdzono również u szczękoczułkowców. Jednym z nich jest ciało łukowate (arcuate body) (Strausfeld i in., 1993; Strausfeld, 1998; Strausfeld i in., 2006; Homberg, 2008), wcześniej określane terminem „ciało centralne” (central body) (Babu, 1965; Babu i Barth, 1984; Wegerhoff i Breidbach, 1995). Ta nieparzysta, łukowatego kształtu masa neuropilarna zlokalizowana jest u pajaków w tylnym regionie *protocerebrum*, po stronie grzbietowej, poprzecznie do długiej osi ciała (Satija i in., 1970a, 1970b; Koor i in., 2005; Barth, 2002; Loesel i in., 2011; Park i in., 2013). Wykazano, że ma ona budowę płatową, przy czym wyróżnia się dwa płaty podobnej grubości: przednio-grzbietowy oraz tylnobrzuszny (Babu i Barth, 1984; Doeffinger i in., 2010). Każdy z nich ma strukturę warstwową (Koor i in., 2005).

Funkcja ciała łukowatego u pajaków jest wciąż mało poznana i dyskusyjna. Sugerowano, że odgrywa ono rolę w budowaniu sieci, ponieważ leży w korteksie otaczającym to ciało powodowały zniekształcenia w strukturze budowanej przez pajaka sieci (Witt, 1969), a ponadto konstrukcja sieci zbiegała się z jego kształtowaniem w rozwoju postembrionalnym (Babu, 1975). Jednakże hipoteza Hanströma (1928), że ciało łukowate jest najlepiej rozwinięte u pajaków typowo sieciowych i spełnia funkcję głównego centrum zawiadującego przędzeniem, nie została potwierdzona (Weltzien i Barth, 1991). Z kolei Strausfeld i in. (1993) wykazali związek tego ciała z aparatem optycznym. U pajaków ścieżka optyczna



## Załącznik 2a

---

prowadząca od głównych oczu przedniośrodkowych nie kończy się na pierwszym neuropilu optycznym, ale biegnie dalej, do dwóch kolejnych mas optycznych, z których jedną stanowi właśnie ciało łukowate. Badania morfometryczne Weltziena i Bartha (1991) przeprowadzone na czterech gatunkach pajaków z czterech rodzin różniących się behawiorem wykazały, że udział objętości ciała łukowatego w objętości mózgu u osobników dorosłych jest podobny i zawiera się w granicach 3,1 – 5,1%. Jednakże wyżej wymienieni autorzy przeanalizował rozwój tego ciała w całej postembriogenezie tylko u dwóch gatunków pajaków: *Nephila clavipes* (pajaka typowo sieciowego) oraz *Cupiennius salei* (pajaka wędrownego). Z tych badań wynika, że modele wzrostu ciała łukowatego zasadniczo się różnią, choć ostatecznie udział tego ciała w objętości mózgu jest u tych gatunków bardzo zbliżony. Podobne wyniki u innych pajaków uzyskali wcześniej Satija i in. (1969, 1970a, 1970b) z dwoma wyjątkami, które znacząco odbiegały od pozostałych. U dwóch gatunków (*Oecobius putus* i *Filistata poonaensis*), autorzy oszacowali objętość tego ciała na 35% objętości mózgu. Ten wynik wydaje się wielce kontrowersyjny, choć nie jest wykluczone, że są takie pająki, o zgoła innym behawiorze niż dotychczas przebadane, u których ciało łukowate jest wyjątkowo dobrze rozwinięte. Niejasności w wymienionym zakresie, uzasadniają konieczność rozszerzenia badań o gatunki pajaków, charakteryzujących się różnymi typami behawioru, co mogłoby rzucić więcej światła na funkcję, jaką spełnia ciało łukowate u tych stawonogów.

Wydaje się obecnie, że usytuowanie centralnego układu nerwowego, jak również jego anatomiczna i histologiczna struktura u prawidłowo rozwiniętych pajaków jest stosunkowo dobrze poznana, istnieją natomiast braki w wiedzy na temat zaburzeń w budowie tego układu, które pojawiają się w nietypowych, zakłóconych czynnikiem teratogennym warunkach. W literaturze naukowej jest wiele doniesień na temat deformacji morfologicznych u przedstawicieli wielu taksonów stawonogów, w tym skorupiaków (Fernandes i in., 2011; Feullassier i in., 2012; Miličić i in., 2013), owadów (Ferreira, 2008; 2011; Asiain i Márquez, 2009), wijów (Leśniewska i in., 2009a, 2009b; Mitić i in., 2011) oraz pajęczaków (Estrada-Peña, 2001; Kozel i Novak, 2013). W wielu opisywanych przypadkach nie podano przyczyn wystąpienia zniekształceń. Możliwość wywołania anomalii w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych poprzez zastosowanie teratogennych czynników chemicznych, fizycznych lub mechanicznych stanowi bardzo istotny element w badaniu sekwencji zdarzeń prowadzących do zaburzeń. Udowodniono, iż czynnikiem teratogennym może być temperatura znacznie odbiegająca od optimum dla rozwoju zarodkowego określonego

## Załącznik 2a

---

gatunku zwierzęcia (Holm, 1940; Juberthie, 1962, 1968; Jacuński, 1969, 1971, 1984). Wyjątkowo silnym teratogenem są wysokie i niskie temperatury działające naprzemiennie podczas pierwszych dni rozwoju zarodkowego. W przypadku pajaków, możliwe jest w ten sposób uzyskanie wielu różnorodnych deformacji prosomy i jej odnóży oraz opistosomy i znajdujących się na niej struktur pochodzenia przysadkowego (Jacuński, 1984, 2002; Templin i in., 2009-2010). Takimi anomaliami są: oligomelia (brak odnóży/odnóży), polimelia (obecność dodatkowego odnóży/odnóży), heterosymelia (zrośnięcie się odnóży leżących obok siebie, po tej samej stronie prosomy), symelia (zrośnięcie się odnóży należących do tej samej pary, występujących po przeciwnych stronach prosomy), schistomelia (rozwidlanie się odnóży/odnóży) anomalie złożone (jednoczesne występowanie dwóch lub większej liczby zniekształceń u jednego osobnika), czy wreszcie dwugłowość. Morfologia pajaków z deformacjami rozwojowymi była wielokrotnie analizowana (Jacuński i Templin, 2003; Jacuński i in., 2004; Templin i in., 2009; Napiórkowska i Templin, 2013; Napiórkowska i in., 2016; Napiórkowska i Templin, 2017). Oczywiście rzeczą jest, że zmiany w budowie morfologicznej pajaków wiążą się również z deformacjami w strukturze narządów wewnętrznych, a szczególnie w centralnym układzie nerwowym oraz pokarmowym, bowiem prawie wszystkie wymienione wyżej anomalie związane są z metamerią ciała, a tym samym z neuromerią. Badania przeprowadzone na pająku *Eratigena atrica* (wcześniej *Tegenaria atrica*) wskazują, że w przypadku oligomelii odnóży następuje również redukcja liczby ślepych uchyłków jelita, heterosymelia odnóży związana jest ze zrostami tychże uchyłków, natomiast w przypadku wystąpienia nadliczbowych odnóży nie obserwuje się dodatkowych uchyłków jelitowych (Jacuński, 1983). Z dotychczasowych badań histologii centralnego układu nerwowego wynika, że w oligomelii odnóży brakuje odpowiednich zwojów nerwowych, w polimelii występują dodatkowe zwoje, natomiast w przypadku heterosymelii, pomimo zrostu odnóży, zwoje pozostają oddzielne (Jacuński i in., 2002a, 2002b 2005; Napiórkowska i in., 2006). W bardziej skomplikowanych przypadkach anomalii, jakimi są anomalie złożone lub też dwugłowość, obraz histologiczny zmian w centralnym układzie nerwowym może być bardzo różny i obejmować zarówno mózg jak i zwój podprzełykowy (Jacuński i Napiórkowska, 2000; Jacuński i in., 2002c; Napiórkowska i in., 2017). Dotychczasowe badania opierały się na analizie histologicznej tego układu jedynie u pojedynczych osobników *E. atrica*, u których deformacja morfologiczna wydawała się szczególnie interesująca z punktu widzenia neuromerii tego układu (Jacuński i Napiórkowska,

## Załącznik 2a

---

2000; Jacuński i in., 2002a, 2002b, 2002c; Napiórkowska i in., 2010a, 2010b; Napiórkowska i in., 2017), bądź też dawała ogólny obraz jego struktury, np. w oligomelii odnóży (Jacuński i in., 2005). Tylko w przypadku tej anomalii zwrócono jedynie uwagę, że brak odnóży/odnóży powoduje zniekształcenie prosomy i zmniejszenie jej rozmiaru, jak również wskazano na możliwość znacznego ubytku objętości układu nerwowego, a szczególnie zwoju podprzełykowego. Nigdy natomiast nie oszacowano głębokości tych zmian, a zatem nie poznano, czy istnieje związek między brakiem neuromeru lub jego połowy w zwoju podprzełykowym a objętością prosomy.

Wskazaniem do podjęcia badań, których wyniki zebrano w ramach przedstawianego do oceny osiągnięcia naukowego, były luki w wiedzy na temat rozwoju i struktury centralnego układu nerwowego u pajaków oraz struktury tego układu w różnych typach zmian wywołanych czynnikiem teratologicznym. Przeprowadzona kwerenda w literaturowych bazach danych wykazała, że stan wiedzy na ten temat jest niewystarczający. Brakuje wiadomości o modelu wzrostu układu nerwowego różnych gatunków pajaków z różnych rodzin, charakteryzujących się odmiennym behawiorem. Przede wszystkim zwraca uwagę fakt, że pod tym względem nie przeanalizowano żadnego gatunku występującego w naszej rodzimej faunie. Takim gatunkiem, na którym można przeprowadzać tego typu obserwacje w naszych szerokościach geograficznych, jest pajak *Eratigena atrica* C.L.Koch. Jest to gatunek notowany w całej Polsce (Prószyński i Staręga, 1971), synantropijny, łatwy do pozyskania ze środowiska naturalnego i niekłopotliwy w hodowli laboratoryjnej. Ekologia tego pajaka, a zwłaszcza biologia rozrodu, została dobrze poznana (Jacuński i in., 1999). Dorosłe osobniki obu płci są relatywnie duże (Locket i Millidge, 1951-1953), o charakterystycznym rysunku na odwłoku, co powoduje, że są one łatwe w identyfikacji. Jak wszystkie Agelenidae, gatunek ten buduje charakterystyczne sieci łowne, bez lepkiej spirali, w skład których wchodzi pozioma płachta zakończona lejkiem pełniącym rolę schronienia. Jednakże nie jest to typowy pajak sieciowy, bowiem niejednokrotnie spotyka się osobniki poza siecią, którą opuszczają w celu zdobycia pokarmu. Specyficzny behavior tego pajaka może mieć implikacje do modelu rozwoju centralnego układu nerwowego i ciała łukowatego mózgu, co do tej pory nie zostało zbadane. Strategia rozrodcza tego gatunku predysponuje go również jako model do badań teratologicznych bowiem okres rozrodczy *E. atrica* przypada na okres jesienno-zimowy, samice składają od kilku do kilkunastu kokonów, w których zarodki są nieposklejane i można je dowolnie sortować, a w pojedynczych jajach obserwować wszystkie etapy rozwojowe.

W zaplanowanych i przeprowadzonych badaniach eksperymentalnych nad centralnym układem nerwowym w konfrontacji z teratogenezą, wybrałam pająka *Eratigena atrica*. Badania miały charakter wieloletni i wykorzystywałam w nich zarodki pochodzące z zakładanych co roku hodowli laboratoryjnych. Badania prowadziłam dwutorowo. Część zarodków inkubowałam w warunkach optymalnych dla gatunku (Jacuński i Wiśniewski, 1997), podobnie jak i kolejne stadia postembrionalne, które wykorzystywałam do badań allometrycznych centralnego układu nerwowego i ciała łukowatego, natomiast drugą część zarodków regularnie poddawałam wpływowi czynnika teratogennego. Tym czynnikiem były temperatury 14 i 32<sup>0</sup>C (Jacuński, 1984), które zmieniałam co 12 godzin przez pierwszych dziesięć dni rozwoju embrionalnego. Po segmentacji smugi zarodkowej, dalszą inkubację embrionów prowadziłam w warunkach optymalnych. Z materiału teratologicznego wybierałam osobniki z deformacjami, które utrzymywałam, po czym przygotowywałam je do preparatyki histologicznej, identycznie jak osobniki w kolejnych stadiach rozwojowych, które użyłam do badań allometrycznych. Wszystkie preparaty wykonywałam metodą parafinową, po czym barwiłam hematoksyliną Mayera oraz eozyną i zamykałam w euparalu. Pomiary przeprowadziłam przy użyciu programu ImageJ (W.S. Rasband, U.S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <https://imagej.nih.gov/ij/>). To pozwoliło na ukazanie i opracowanie całościowego obrazu zmian, które dokonały się w centralnym układzie nerwowym podczas rozwoju postembrionalnego, jak również zmian spowodowanych przez czynnik teratogeny w przypadku oligomelii odnóży

### **Cele badań**

1. Opisanie zmian, które mają miejsce w centralnym układzie nerwowym podczas rozwoju postembrionalnego *E. atrica* i określenie, czy model rozwoju tego układu koresponduje z modelem opisanym wcześniej przez Babu (1975) u pająka *A. aurantia*, pająka o innej ekologii i behawiorze oraz pająków opisanych przez Quesada i in. (2011).
2. Określenie, czy u najwcześniejszych stadiów *E. atrica* występują zmiany w strukturze centralnego układu nerwowego ułatwiające jego akomodację w określonej, relatywnie małej objętości prosomy, jak ma to miejsce u miniaturowych pająków badanych przez Quesada i in. (2011).

3. Ustalenie, w jakim stopniu rozwój ciała łukowatego u *E. atrica* jest podobny do modeli nakreślonych przez Weltziena i Bartha (1991) dla dwóch gatunków pajaków charakteryzujących się innym trybem życia niż *E. atrica* oraz uzyskanie odpowiedzi na pytanie, czy udział procentowy objętości ciała łukowatego w objętości mózgu u *E. atrica* był stały czy też zmieniał się on podczas postembriogenezy.
4. Uzyskanie odpowiedzi na pytanie, czy istnieje związek między różnorodnymi morfologicznymi deformacjami ciała wywołanymi zmieniającymi się warunkami termicznymi w trakcie embriogenezy a zmianami w strukturze centralnego układu nerwowego (mózgu i zwoju podprzelykowego).
5. Ustalenie, czy istnieje zależność między brakiem neuomeru lub jego połowy w zwoju podprzelykowym (oligomelia 3/3 lub 3/4) a zmianami w objętości prosomy oraz oszacowanie różnic w objętości tego zwoju u osobników oligomelicznych i kontrolnych.

### **Hipotezy weryfikowane podczas realizacji badań**

1. Model rozwoju całego centralnego układu nerwowego i jego komponentów może być związany z różnicami w ekologii, biologii i behawiorze pajaków.
2. Wzrost centralnego układu nerwowego i jego składowych wykazuje negatywną allometrię w stosunku do objętości prosomy.
3. Istnieje związek między trybem życia a względną wielkością i/lub allometrycznym wzrostem ciała centralnego w stosunku do objętości całego układu nerwowego, jego neuropilu, jak również do objętości mózgu i jego neuropilu.
4. W deformacjach takich jak heterosymelia, anomalie złożone odnoży oraz dwugłowość, zmienia się zasadniczo nie tylko morfologia całego ciała, ale również struktura centralnego układu nerwowego w związku z czym istnieje związek między deformacją zewnętrzną a budową tego układu.
5. Ponieważ oligomelia jest związana z metamerią ciała, a stąd i z neuomerią, istnieje zależność między brakiem neuomeru lub jego połowy w zwoju podprzelykowym a zmianami w objętości prosomy. Ponadto istnieją różnice w objętości tego zwoju między osobnikami kontrolnymi a osobnikami oligomelicznymi.

### Uzyskane wyniki

Weryfikację 1 i 2 hipotezy zawarłam w pracy [1]. W tym celu zaplanowałam i przeprowadziłam eksperyment na osobnikach z każdego stadium rozwojowego, tj. od stadium larwy do stadium nimfy X. Badania potwierdziły allometryczny wzrost centralnego układu nerwowego w rozwoju postembrionalnym *E. atrica*. Objętość wszystkich jego komponentów wykazywała negatywną allometrię w stosunku do objętości prosoma, co wskazuje na to, iż przyrost tkanki nerwowej jest niższy niż część ciała, w której ona się mieści. Wzrost objętości mózgu był negatywnie allometrycznie związany ze wzrostem objętości całego centralnego układu nerwowego, natomiast objętość zwoju podprzelykowego wzrastała szybciej niż cały układ wykazując allometrię pozytywną. Objętość neuropilu, zarówno mózgu jak i zwoju podprzelykowego, przyrastała szybciej niż objętość korteksu, a zatem w rozwoju postembrionalnym udział objętości zwoju podprzelykowego i neuropilu w całkowitej objętości centralnego układu nerwowego wzrastał, podczas gdy udział objętości mózgu oraz korteksu stopniowo się obniżał. Z moich badań wynika, że sukcesywny wzrost układu nerwowego u pajaków, podobnie jak u innych zwierząt, jest związany głównie ze wzrostem neuropilu, chociaż objętość korteksu również wzrasta. Przyjmując, że liczba neuronów w korteksie mózgu i zwoju podprzelykowego pozostaje stała, wzrost objętości korteksu jest związany z powiększaniem się ciał komórkowych neuronów różnych typów oraz wzrostem liczby i rozmiarów komórek glejowych. Natomiast tak gwałtowny wzrost neuropilu, zwłaszcza zwoju podprzelykowego, może wskazywać na obecność nowych dendrytów i synaps między neuronami, jak również na powiększanie się rozmiarów istniejących aksonów. Ponadto, każde linienie u pajaków pociąga za sobą powiększenie się liczby mechanoreceptorów i chemoreceptorów, takich jak szczeciny czuciowe, trichobothria, organy tarsalne i lirowate, które są unerwiane, doskonalą się aparat optyczny, a tym samym następuje rozrost mózgowych mas neuropilarnych. To wszystko składa się na powiększenie neuropilu centralnego układu nerwowego, co jest niezmiernie istotne, aby pająk mógł sprostać wymaganiom środowiska, kontrolować je i prawidłowo funkcjonować. Należy tutaj jeszcze raz podkreślić negatywny wynik alometrii mózgu i pozytywny zwoju podprzelykowego względem całego układu nerwowego. Wyniki moich badań jednoznacznie wskazują, że u larw *E. atrica* udział objętości mózgu w objętości prosomy jest prawie taki sam jak udział objętości zwoju podprzelykowego w objętości prosomy. Podobnie jest z udziałem objętości



## Załącznik 2a

---

mózgu i tegoż zwoju w objętości centralnego układu nerwowego. Dopiero w kolejnym stadium, stadium nimfy I, objętość zwoju podprzelykowego przewyższa objętość mózgu, a u nimf X stanowi aż 85% centralnego układu nerwowego. Ponieważ zwój podprzelykowy tworzony jest przez gangliony nogogłaszczków i odnóży chodowych, intensywny rozwój tego zwoju jest prawdopodobnie związany z przejściem pajaków do aktywnego trybu życia, pobieraniem pokarmu, budowaniem sieci oraz rozwojem układów wewnętrznych.

Wyniki tych badań wskazują, że model rozwoju tego układu koresponduje z modelem opisanym wcześniej przez Babu (1975) u pająka *A. aurantia*. Pomimo zasadniczych różnic nie tylko w rozmiarach ciała, sposobie polowania i strukturze sieci, ale także aktywności dobowej, zajmowanych habitatów i biologii reprodukcyjnej, różnice w modelu rozwoju centralnego układu nerwowego są niewielkie. U larw *E. atrica* układ nerwowy, korteks i neuropil stanowią 44%, 30% i 14% prosomy (u *A. aurantia*: 40%, 32%, 8%), podczas gdy u nimf X ich udział w objętości prosomy wynosi odpowiednio: 4,5%, 1,5% oraz 3% (u *A. aurantia*: 3,6, 1%, 2,6%). Małe różnice między gatunkami dotyczą również przyrostu objętości mózgu i zwoju podprzelykowego w rozwoju postembrionalnym. U *E. atrica* mózg powiększył swoją objętość 6 razy (u *A. aurantia* 10 razy), natomiast zwój podprzelykowy 30 razy (u *A. aurantia* 36 razy). Można zatem stwierdzić, że model rozwoju centralnego układu nerwowego jest bardzo podobny a zanotowane różnice mogą wynikać z różnych technik badawczych i oczywiście z różnic behawioralnych między tymi gatunkami.

Ponadto, u najwcześniejszych stadiów *E. atrica* nie stwierdziłam zmian w strukturze centralnego układu nerwowego ułatwiających jego akomodację w określonej, relatywnie małej objętości prosomy, jak ma to miejsce u miniaturowych pajaków (Quesada i in., 2011). Układ nerwowy *E. atrica* zawarty był całkowicie w prosomie i nie rozciągał się do członów biodrowych odnóży.

Aby osiągnąć 3. cel badawczy i zweryfikować 3. hipotezę, przeprowadziłam badania morfometryczne ciała łukowatego w postembriogenezie *E. atrica*, których wyniki zawarłam w pracy [2]. Moje badania potwierdziły postawioną hipotezę i wykazały, że ciało łukowate rozwijało się wolniej niż cały centralny układ nerwowy, neuropil mózgu oraz neuropil układu. Natomiast w stosunku do objętości całego mózgu wykazywało allometrię pozytywną. W czasie rozwoju postembrionalnego ciało łukowate powiększyło swoją objętość ok. 9 razy, przy czym jego udział w objętości mózgu kształtował się na różnym poziomie. Najniższy udział zanotowałam u larw i nimf I, najwyższy u nimf VI, po czym udział ten spadał do

## Załącznik 2a

---

poziomu 2,93% u nimf X. Należy podkreślić, że w dwóch początkowych stadiach rozwojowych, kiedy osobniki pozostają jeszcze w kokonie, objętość tego ciała kształtuje się na najniższym poziomie i w zasadzie jest taka sama, dopiero u nimf II następuje podwojenie jego objętości. Zanotowałam, że był to najwyższy wzrost tego ciała w stosunku do stadium poprzedniego. Można więc wnioskować, że istnieje związek między opuszczaniem przez pająki kokonu, przejściem do aktywnego trybu życia a powiększeniem się ciała łukowatego, co sugeruje jego koordynacyjną i asocjacyjną funkcję. Analiza porównawcza wskazuje, że model rozwoju ciała łukowatego *E. atrica* w postembriogenezie jest inny niż u przebadanych do tej pory pajaków: typowego pająka sieciowego *N. clavipes* i wędrownego *C. salei* (Weltzien i Barth, 1991). U *N. clavipes* najwcześniejsze stadia rozwojowe miały relatywnie duże ciało łukowate w porównaniu do objętości mózgu (udział ciała łukowatego w objętości mózgu wynosił ponad 9%). W kolejnych stadiach rozwojowych, kiedy pająki zaczęły budować sieci, udział ten stopniowo się zmniejszał osiągając u osobników dorosłych najniższą wartość (3,97%). Natomiast u *C. salei*, udział objętości ciała łukowatego w objętości mózgu był podobny w całej postembriogenezie. U najmłodszych stadiów wynosił on 4,70%, a u osobników dorosłych 4,80%. Ze względu na behavior *E. atrica* można byłoby przyjąć, że zajmuje on pośrednią pozycję między pajakami typowo sieciowymi a wędrownymi, a więc parametry rozwoju ciała łukowatego powinny być również pośrednie. Wyniki moich badań przeczą jednak temu pogładowi i wskazują, że ostatecznie udział ciała łukowatego w objętości mózgu u *E. atrica* jest zbliżony do udziału tego ciała u pająka skaczącego *Phidippus regius* (Weltzien i Barth, 1991). Niestety, autorzy nie zbadali rozwoju tego ciała w postembriogenezie tego gatunku pająka. Na podstawie moich wyników oraz wyników Weltziena i Bartha (1991) można wnioskować, nie ma uniwersalnego modelu rozwoju ciała łukowatego u pajaków. Jednakże u dorosłych osobników, bez względu na ich biologię i behavior, udział ciała łukowatego w całkowitej objętości mózgu jest podobny i stanowi kilka procent.

Aby zweryfikować hipotezę 4. i osiągnąć cel badawczy 4. przeprowadziłam badania centralnego układu nerwowego u osobników z deformacjami prosomy, których wyniki zawarłam w pracach [3, 4, 5]. Badania układu nerwowego u osobników z deformacjami odnóży prowadzone przeze mnie wykazały, że nie zawsze jego struktura jest zmieniona. Dotyczy to pajaków z częściową heterosymelią odnóży chodowych oraz częściową heterosymelią odnóży chodowego i nogogłaszczka. Analiza serii skrawków histologicznych



## Załącznik 2a

---

nie wykazywała znaczących różnic w budowie i usytuowaniu ganglionów nerwowych w zwoju podprzetykowym w porównaniu do osobników kontrolnych. Gangliony nerwowe nóg heterosymelicznych były oddzielne, prawidłowego rozmiaru, a od każdego z nich biegł nerw w kierunku odpowiedniej części kompleksu heterosymelicznego. Tylko w dwóch przypadkach: heterosymelii częściowej nogi chodowej i nogogłaszczka oraz heterosymelii całkowitej tych nóg stwierdziłam fuzję ganglionów. Wyciągnęłam wniosek, że w tego typu anomalii rozwojowej centralny układ nerwowy zwykle pozostaje niezmienny, ale mogą też być wyjątki od tej reguły. Zatem ta morfologiczna anomalia nie byłaby związana z neuromerią ciała. Przeanalizowałam również tzw. anomalie złożone. Obraz zmian w centralnym układzie nerwowym był różny. Na przykład, u osobnika z dwoma dodatkowymi nogogłaszczkami (polimelia), które dodatkowo uległy częściowej heterosymelii, w centralnym układzie nerwowym stwierdziłam dwa dodatkowe, oddzielne zwoje nogogłaszczkowe, a więc zmiana typu polimelii związana byłaby z nadliczbowym/nadliczbowymi zwojami, niezapisanymi w normalnej ontogenezie. W innym przypadku deformacji, gdzie po jednej stronie prosomy było pięć prawidłowo wykształconych przysadek chodowych (a więc jedno odnóże było dodatkowe, polimeliczne) i krótki, dwuczłonowy wyrostek, który uznałam za bardzo skróconą przysadkę chodową (kolejne nadliczbowe odnóże), zmiana w strukturze zwoju podprzetykowego była rozległa. Po pierwsze, po zniekształconej stronie prosomy, obecne były wszystkie zwoje odnóży (6 - łącznie ze zwojami dodatkowych przysadek), ale nie wystąpiły one na jednym planie horyzontalnym. Poza tym stwierdziłam fuzję zwojów, chociaż morfologicznie nie było zrostów odnóży. Fuzji uległy zwoje dwóch ostatnich nóg chodowych (5 i 6) oraz zwoje odnóża 3 i krótkiego wyrostka. Można wyciągnąć wniosek, że nie zawsze istnieje związek między deformacją zewnętrzną a strukturą centralnego układu nerwowego. Fuzję ganglionów w zwoju podprzetykowym stwierdziłam również u kolejnych dwóch osobników polimelicznych (3/6 i 4/5) pomimo tego, że po stronie polimelicznej prosomy nie było zrostów odnóży. W tych przypadkach również nie było bezpośredniego związku między morfologicznymi deformacjami ciała wywołanymi zmieniającymi się warunkami termicznymi w trakcie embriogenezy, a zmianami w strukturze centralnego układu nerwowego. Bezpośredni związek natomiast obserwowałam natomiast u osobników dwugłowych. Dwugłowość u pajaków to niewątpliwie bardzo interesująca pod względem morfologicznym i anatomicznym głęboka deformacja ciała. U takich osobników już

## Załącznik 2a

---

wcześniej obserwowano dwa rozwinięte mózgi. Ponieważ często dwugłowości towarzyszą dodatkowe zmiany w postaci częściowych lub całkowitych zrostów szczękoczułków i nogogłaszczków komplikujących znacznie morfologię tej części ciała założyłam, że struktura mózgu/mózgów lub też i zwoju podprzelykowego będzie zasadniczo zmieniona. Analiza histologiczna wykazała, że w przebadanych przeze mnie przypadkach dwugłowości istniał ścisły związek między deformacją morfologiczną a strukturą odpowiednich części układu nerwowego: zrosty szczękoczułków związane były ze zrostami odpowiadających im ganglionów mózgowych, natomiast zrosty nogogłaszczków związane były ze zrostami zwojów tychże odnóży w zwoju podprzelykowym. Jeśli te odnóża głowowe pozostawały oddzielne, w odpowiednich częściach układu nerwowego nie stwierdziłam zrostów. Przeprowadzone przeze mnie badania dowodzą, iż wcześniejsze założenie, że zmiany morfologiczne są zawsze odbiciem zmian anatomicznych było błędne. Dlatego też w analizie potworności rozwojowych powinno brać się pod uwagę również i strukturę narządów wewnętrznych, a szczególnie centralnego układu nerwowego.

Aby zweryfikować hipotezę 5. i osiągnąć cel badawczy 5. zaplanowałam i przeprowadziłam eksperyment na pająkach z jednostronną oligomelią odnóży chodowych (4/3) oraz dwustronną oligomelią odnóży (3/3), po czym wyniki porównałam z osobnikami kontrolnymi. Wyniki tego eksperymentu zawarłam w pracy [6]. Wszystkie pająki były w tym samym stadium rozwojowym. Wykazałam, że oligomelia wpływa na objętość prosomy i objętość centralnego układu nerwowego, jak również istnieje zależność między zmianami w prosomie i zmianami w objętości układu nerwowego. Stwierdziłam, że brak jednej nogi związany był ze zmniejszeniem objętości prosomy o ok. 17% w porównaniu do grupy kontrolnej, podczas gdy brak dwóch nóg pociągał za sobą zmniejszenie jej objętości o ok. 30%. Natomiast objętość centralnego układu nerwowego zmniejszyła się w stosunku do kontroli o ok. 24% w przypadku obu typów oligomelii (4/3 i 3/3). Te wyniki wskazują, że objętość centralnego układu nerwowego zdecydowanie się zmniejsza w przypadku oligomelii, jednak nie ma znaczenia, czy utracona zostanie połowa metameru, (a zatem i neuromeru) czy też cały neuromer (oligomelia 4/3 lub 3/3). Najważniejszym parametrem w tych badaniach było jednak oszacowanie różnic w objętości zwoju podprzelykowego. Zanotowałam statystycznie istotne różnice między próbą kontrolną, gdzie zwój ten miał największą objętość, a osobnikami oligomelicznymi, u których objętość tego zwoju była znacząco mniejsza. Natomiast nie było różnicy między dwiema grupami osobników oligomelicznych:

osobniki bez połowy neuomeru miały niewiele większy zwój podprzelykowy od osobników bez całego neuomeru. U osobników kontrolnych zanotowałam największą objętość korteksu, najmniejszą zaś u osobników oligomelicznych 3/3. Natomiast objętość neuropilu kształtowała się następująco: największą objętość wykazywały osobniki kontrolne, natomiast najmniejszą, osobniki z oligomelią 4/3. Można zatem wnioskować, że utrata jednej pary odnóży chodowych i całego neuomeru uruchamia szczególny mechanizm kompensacyjny pociągający za sobą wzrost objętości neuropilu ganglionów pozostałych odnóży chodowych. Wydaje się to oczywiste, ponieważ masa neuropilarna jest najważniejszym elementem centralnego układu nerwowego. Jest to miejsce kontaktów między neuronami i tutaj mają miejsce procesy funkcjonalnej integracji. Można przypuścić, że znaczna utrata neuronów powoduje intensywniejszy wzrost neuropilu, wydłużają się aksony, ich średnica wzrasta, pojawiają się nowe dendryty i nowe połączenia pomiędzy neuronami. Wszystkie te zmiany i modyfikacje mogą pomóc zniekształconemu teratogenicznie osobnikowi w zaadaptowaniu się do życia i o ile to możliwe, do funkcjonowania w środowisku naturalnym.

### **Znaczenie uzyskanych wyników badań**

Wykonane w ramach prezentowanej pracy badania laboratoryjne są ważnym elementem uzupełniającym stan wiedzy o rozwoju i strukturze centralnego układu nerwowego pajaków, jak również budowie tego układu u osobników wykazujących anomalie rozwojowe. Moje badania na modelu *E. atrica*, miały charakter pionierski i jednocześnie po raz pierwszy zostały przeprowadzone na naszym krajowym gatunku pajaka. Uzyskane wyniki ukazują różnorodność struktury i rozwoju centralnego układu nerwowego w porównaniu z innymi, dotychczas przebadanymi gatunkami Araneae. Wyniki, które uzyskałam jednoznacznie wskazują, że wyciąganie wniosków na temat struktury i rozwoju centralnego układu nerwowego oraz struktur neuropilarnych w mózgu u tej grupy pajęczaków tylko na podstawie jednego lub dwóch gatunków jest wysoce nieuprawnione. Ewolucja i różnorodność w tym zakresie może być tak ogromna, jak istnieje wiele gatunków pajaków o różnej biologii, ekologii i behawiorze. Należy również wspomnieć o potrzebie pogłębiania wiedzy z dziedziny teratologii. Studia nad zniekształceniami u zwierząt odgrywają podstawową rolę w zrozumieniu mechanizmów rozwojowych i procesów ewolucyjnych. Badania osobników teratologicznie zmienionych dowiodły, że aby uzyskać całkowity obraz zmian deformacji

ciała u zwierząt, powinno się poddać szczegółowej analizie histologicznej układu nerwowego, bo nie zawsze istnieje korelacja między defektami morfologicznymi a jego strukturą. Uzyskane przeze mnie wyniki badań podkreślają również, jak ważne dla rozwoju zarodkowego są warunki termiczne. Ich zakłócenie może prowadzić do anomalii, które zmniejszają szansę na przeżycie zwierzęcia. Wraz ze zmieniającym się klimatem, przypadki anomalii u zmiennocieplnych zwierząt wywołane przez wahania temperatury otoczenia mogą występować znacznie częściej, co może przyczynić się do obniżenia liczebności populacji, a w najbardziej dramatycznym scenariuszu, do wyginięcia gatunku.

Badania, które zaprezentowałam w ramach przedstawionego do oceny osiągnięcia dają podwaliny do dalszej eksploracji, między innymi w zakresie aktywności neuroprzekaźników w centralnym układzie nerwowym.

### **Lista cytowanej literatury**

- Asiain, J. & Márquez, J. (2009). New teratological examples in Neotropical Staphylinidae (Insecta: Coleoptera), with a compilation of previous teratological records. *Rev. Mex. Biodivers.*, 80, 129-139.
- Babu, K.S. (1965). Anatomy of the central nervous system of Arachnids. *Zool. Jb. Anat. Bd.*, 82, 1-154.
- Babu, K.S. (1969). Certain histological and anatomical features of central nervous system of a large Indian spider, *Poecilotheria*. *Am. Zoologist.*, 9, 113-119.
- Babu, K.S. (1975). Post embryonic development of central nervous system of the spider *Argiope aurantia* (Lucas). *J. Morphol.*, 146, 325-342.
- Babu, K. S. (1985). Pattern of arrangement and connectivity in the central nervous system of arachnids. In F. G. Barth (Ed.), *Neurobiology of arachnids* (pp. 3-19). Berlin: Springer- Verlag.
- Babu, K.S. & Barth, F.G. (1984). Neuroanatomy of central nervous system of wandering spider, *Cupiennius salei* (Arachnida, Araneida). *Zoomorphology*, 104, 344-359.
- Barth, F.G. (2002). *A spider's world: senses and behavior*. Springer, Berlin
- Beutel, R.G., Pohl, H. & Hunefeld, F. (2005). Strepsipteran brains and the effect of miniaturization (Insecta). *Arthropod Struct. Dev.*, 34, 301-313.
- Damen, W.G.M., Hausdorf, M., Seyfarth, E-A. & Tautz, D. (1998). A conserved mode of head segmentation in arthropods revealed by the expression pattern of Hox genes in a spider. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 95, 10665-10670.

## Załącznik 2a

---

- Doeffinger, C., Hartenstein, V., & Stollewerk, A. (2010). Compartmentalization of the precheliceral neuroectoderm in the spider *Cupiennius salei*: development of the arcuate body, optic ganglia, and mushroom body. *J. Comp. Neurol.*, 518, 2612-2632.
- Enders, F. (1973). Selection of habitat by the spider *Argiope aurantia* Lucas (Araneidae). *The Amer. Mid. Nat.*, 90(1), 47-55.
- Enders, F. (1976). Effect of prey capture, web destruction and habitat physiognomy on web-site tenacity of *Argiope* spiders (Araneidae). *J. Arachnol.*, 3, 75-82.
- Estrada-Peña, A. (2001). Abnormal development of *Rhipicephalus sanguineus* (Ixodidae). *Exp. Appl. Acarol.*, 25, 757-761.
- Fernandes, C.S., Gregati, R.A. & Bichuette, M.E. (2011). The first record of external abnormalities in the subterranean *Aegla marginata* Bond-&Buckup 1994 (Crustacea: Decapoda: Aeglidae), from a karst area of South-eastern Brazil. *Subterr. Biol.*, 8, 33-38.
- Ferreira, R.N. (2008). A teratological specimen of *Calosoma sycophanata* (L.) (Coleoptera: Carabidae) from Connecticut, USA. *Entomol. News*, 119, 307-309.
- Feuillassier, L., Beuger, M., Pauliac, G., Boët, P., Girardin, M. & Elie, P. (2012). Morphological anomalies in estuarine shrimp Lomae. *Crustaceana*, 85(1), 11-25.
- Foelix, R.C. (1996). *Biology of spiders*. 2<sup>ed</sup>. Oxford University Press, Georg Thieme, Verlag, New York.
- Grebennikov, V.V. (2008). How small can you go: factors limiting body miniaturization in winged insect with a review of the pantropical genus *Discheamocephalus* and description of six new species of the smallest beetles (Pterygota: Coleoptera: Ptiliidae). *Eur. J. Entomol.*, 105, 313-327.
- Gronenberg, W. (1989). Anatomical and physiological observations on the organization of mechanoreceptors and local interneurons in the central nervous system of the wandering spider *Cupiennius salei*. *Cell Tissue Res.*, 258, 163-175.
- Gronenberg, W. (1990). The organization of plurisegmental mechanosensitive interneurons in the central nervous system of the wandering spider *Cupiennius salei*. *Cell Tissue Res.*, 260, 49-61.
- Hanström, B. (1928). *Vergleichende Anatomie des Nervensystems der wirbellosen Tiere*. Berlin, Springer.
- Harwood, R.H. (1974). Predatory behavior of *Argiope aurantia* (Lucas). *Amer. Mid. Nat.*, 91(1), 130-139.
- Heinze, S. & Homberg, U. (2007). Maplike representation of celestial *E*-vector orientations in the brain of an insect. *Science*, 315, 995-997.
- Hill, D.E. (2006). The structure of the central nervous system of jumping spiders of the genus *Phidippus* (Araneae: Salticidae). MS thesis (Republication version), Oregon State University.
- Hoffmann, K., Wirner, A., Kunst, M., Gocht, D. & Heinrich, R. (2007). Muscarinic excitation in grasshopper song control circuits is limited by acetylcholinesterase activity. *Zool. Sci.*, 24, 1028-1035.

## Załącznik 2a

---

- Holm, A. (1940). Studien über die Entwicklungsbiologie der Spinnen. Zool. Bidrag, Uppsala, 19, 1-214.
- Homberg, U. (2008). Evolution of the central complex in the arthropod brain with respect to the visual system. Arthropod Struct. Dev., 37, 347-362.
- Hwang, H.J. & Moon, M.J. (2003). Fine structural analysis of central nervous system in spider, *Achaearanea tepidariorum* (Theridiidae: Araneae). Korean J. Entomol., 33, 119-126.
- Jacuński, L. (1969). The effect of temperature treatment at various stages of embryonic development on the formation of monstrosities in the spider *Tegenaria atrica* C.L.Koch. Bull. Acad. Polon. Sci. Cl., II, 17, 555-556.
- Jacuński, L. (1971). Temperature induced developmental monstrosities in *Tegenaria atrica* C.L.Koch (Araneae, Agelenidae). Przegl. Zool., 27, 219-223.
- Jacuński, L. (1983). Experimental disorders of internal metamerism in *Tegenaria atrica* C.L.Koch (Araneae, Agelenidae). Przegl. Zool., 27, 219-223.
- Jacuński, L. (1984). Studia nad teratogenezą eksperymentalną u pająka *Tegenaria atrica* C.L.Koch. Toruń, UMK, pp. 1-70.
- Jacuński, L. (2002). Anomalies of the abdomen in *Tegenaria atrica* C.L.Koch (Araneae, Agelenidae). Bull. Pol. Acad. Sci. Biol., 50(3), 183-188.
- Jacuński, L. & Napiórkowska, T. (2000). Epimorphic regeneration of an appendage complex in *Tegenaria atrica* C.L.Koch. Bull. Pol. Acad. Sci. Biol., 48(3), 269-271.
- Jacuński, L. & Templin, J. (2003). Morphology of prosoma in bicephalous monsters of *Tegenaria atrica* C.L.Koch. J. Therm. Biol., 28, 393-396.
- Jacuński, L. & Wiśniewski, H. (1997). The influence of temperature on the duration of embryonic stages of *Tegenaria atrica* C.L.Koch (Agelenidae). Sci. Pap. Pedagog. Univ. Nat. Stud. Bydgoszcz, 13, 181-203.
- Jacuński, L., Napiórkowska, T. & Teszner, L. (1999). Hodowla pająka *Tegenaria atrica* C.L.Koch. Przegl. Zool., XLIII (1-2), 111-116.
- Jacuński, L., Templin, J. & Napiórkowska, T. (2002a). Doubling of prosoma in larva of *Tegenaria atrica* C.L.Koch (Agelenidae). Bull. Pol. Acad. Sci. Biol., 50(1), 85-87.
- Jacuński, L., Napiórkowska, T., Templin, J. & Teszner, L. (2002b). Interesting case of polymely in *Tegenaria atrica* C.L.Koch (Agelenidae). Bull. Pol. Acad. Sci. Biol., 50(2), 149-151.
- Jacuński, L., Napiórkowska, T. & Templin, J. (2002c). Heterosymely of mouth appendages in *Tegenaria atrica* C.L.Koch. Bull. Pol. Acad. Sci. Biol., 50(3), 189-191.
- Jacuński, L., Napiórkowska, T., Templin, J. & Teszner, L. (2004). Anomalies in the cephalic part of prosoma in *Tegenaria atrica* C.L.Koch. Zool. Polon., 49, 97-110.
- Jacuński, L., Templin, J. & Napiórkowska, T. (2005). Changes in the neuromerism of the subesophageal part of the nervous system in oligomelic individuals of *Tegenaria atrica* (Arachnida). Biologia, Bratislava, 60, 589-592.

- Juberthie, C. (1962). Etude des symétries provoquées par la température chez un Opilions (Arachnides). Comptes Rendus Acad. Sci., 254, 2674-2676.
- Juberthie, C. (1968). Tératologie expérimentale chez in Opilion (Arachnidae). J. Embryol. Morphol., 19(1), 49-82.
- Kern, M.J. (1985). Metabolic rate of the insect brain in relation to body size and phylogeny. Comp Biochem. Phys., 81, 501-506.
- Leśniewska, M., Bonato, L., Minelli, A. & Fusco, G. (2009). Trunk anomalies in the centripede *Stigmatogaster subterranea* provide insight into late-embryonic segmentation. Arthropod Struct. Dev., 38, 417-426.
- Kovoor, J., Muñoz-Cuevas, A. & Ortega-Escobar, J. (2005). The visual system of *Lycosa tarentula* (Araneae, Lycosidae): Microscopic anatomy of the protocerebral optic centres. Ital. J. Zool., 72, 205-216.
- Kozel, P. & Novak, T. (2013). Absence of a ventral spur on the chelicerae in *Lacinius ephippiantus* (Oligolophinae: Phalangidae: Opiliones). Entomol. News, 123(3), 201-205.
- Legendre, R. (1979). The segmentation of the anterior part of Arachnida: historical and current perspectives. Bull. Soc. Zool. France, 104, 277-287.
- Locket, G.H. & Millidge, A.F. (1951-1953). British spiders. Ray Soc., London
- Lockley, T.C. & Young, O.P. (1993). Survivability of overwintering *Argiope aurantia* (Araneidae) egg cases, with an annotated list of associated arthropods. J. Arachnol., 21, 50-54.
- Loesel, R., Seyfarth, E.-A., Bräuning, P. & Agricola, H.-J. (2011). Neuroarchitecture of the arcuate body in the brain of the spider *Cupiennius salei* (Araneae, Chelicerata) revealed by allatostatin-, proctolin-, and CCAP-immunocytochemistry and its evolutionary implications. Arthropod Struct. Dev., 40, 210-220.
- Mares, S., Ash, S. & Gronenberg, W. (2005). Brain allometry in bumblebee and honey bee workers. Brain Behav. Evolut., 66, 50-61.
- McReynolds, C.N. (2000). The impact of habitat features on web features and prey capture of *Argiope aurantia* (Araneae, Araneidae). J. Arachnol., 28, 169-179.
- Miličić, D., Pavković-Lučić, S. & Lučić, L. (2013). On some morphological abnormalities in adult fairy shrimp *Branchipus schaeferi* Fischer, 1934, from Serbia. Arch. Biol. Sci. Belgrade, 65, 1645-1650.
- Mitić, B.M., Makarov, S.E., Ilić, B.S., Stojanović, D.Z. & Curčić, B.P.M. (2011). Cases of trunk segmental anomalies in the geophilmorph centripedes *Clinopodes flavidus* C.L.Koch and *Clinopodes trebevicensis* (Verhoeff) (Chilopoda: Geophilomorpha). Arch. Biol. Sci. Belgrade, 63, 841-845.
- Mittmann, B. & Scholtz, G. (2003). Development of the nervous system in the „head” of *Limulus polyphemus* (Chelicerata: Xiposura): morphological evidence for a correspondence between the segments of the chelicerae and of the (first) antennae of Mandibulata. Dev. Genes Evol., 213, 9-17.



## Załącznik 2a

---

- Mittmann, B. & Wolff, C. (2012). Embryonic development and staging of the cobweb spider *Parasteatoda tepidariorum* C. L. Koch, 1841 (syn.: *Achaearanea tepidariorum*; Araneomorphae; Theridiidae). *Dev. Genes Evol.*, 222 (4), 189-216.
- Napiórkowska, T. & Templin, J. (2013). Symely, a seldom occurring developmental anomaly in the spider *Tegenaria atrica*. *Inv. Reprod. Dev.*, 57(2), 95-100.
- Napiórkowska, T., Jacuński, L. & Templin, J. (2006). The effect of amputation of polymelic walking legs and of parts of appendage complexes in *Tegenaria atrica* (Araneae: Agelenidae). *Bull. Br. Arachnol. Soc.*, 13(9), 347-352.
- Napiórkowska, T., Jacuński, L. & Templin, J. (2010a). Polymely of feeding appendages in *Tegenaria atrica* (Araneae: Agelenidae). *Bull. Br. Arachnol. Soc.*, 15(2), 52-54.
- Napiórkowska, T., Jacuński, L. & Templin, J. (2010b). An interesting case of a bicephalous *Tegenaria atrica* nymph. *Bull. Br. Arachnol. Soc.*, 15(3), 83-84.
- Napiórkowska, T., Napiórkowski, P. & Templin, J. (2016). Teratological deformities of pedipalps in the *Tegenaria atrica* spider, induced by low and high temperatures applied alternately. *J. Therm. Biol.*, 56, 50-54.
- Napiórkowska, T., Templin, J. & Wołczuk, K. (2017). Morphology and the central nervous system of *Eratigena atrica* affected by a complex anomaly in the anterior part of the prosoma. *Invert. Neurosci.*, 17(54), 1-4.
- Niven, J.E. & Farris S.M. (2012). Miniaturization of nervous systems and neurons. *Curr. Biol.*, 22, R323-R329.
- Park, Y.K. & Moon, M.J. (2013). Microstructural organization of the central nervous system in orb-web spider *Araneus ventricosus* (Araneae: Araneidae). *App. Microsc.*, 43(2), 65-74.
- Park, Y.K., Kim, H.J. & Moon, M.J. (2013). Fine structure of the CNS in the geometric spider *Nephila clavata* (Araneae: Nephilidae). *Entomol. Res.*, 43, 330-343.
- Poliiov, A.A. & Beutel, R.G. (2009). Miniaturization effects in larvae and adults of *Mikado sp.* (Coleoptera, Ptiliidae), one the smallest free-living insect. *Arthropod Struct. Dev.*, 38, 247-270.
- Prószyński, J. & Staręga, W. (1971). *Katalog fauny Polski: pająki*. PWN, Warszawa
- Punzo, F. (2007). *Spiders: biology, ecology, natural history and behavior*. Brill Leiden, Boston.
- Quesada, R., Tirana, E., Vargas, G., Douglass K.J., Seid M.A., Niven, J.E., Eberhard, W.G. & Wcislo W.T. (2011). The allometry of CNS size and consequences of miniaturization in orb-weaving and cleptoparasitic spiders. *Arthropod Struct. Dev.*, 40, 521-529.
- Riveros, A.J. & Gronenberg, W. (2010). Brain allometry and neural plasticity in the bumblebee *Bombus occidentalis*. *Brain Behav. Evol.*, 75, 138-148.
- Satiya, R. C., Sharma, S. P. & Dhir, R. M. (1969). Brain of the web spiders, *Crossopriza lyoni* Blackwall and *Cyrtophora citricola* Forskal (Arachnida-Araneida, Ecribellata). *Zool. Polon.*, 19, 545-558.



## Załącznik 2a

---

- Satija, R. C., Sharma, S. P. & Grewal, H. K. (1970a). Brain and optic centres of the cribellate wall spiders, *Oecobius putus* Cambr. and *Filistata poonaensis* Tikader. Zool. Polon., 20, 159-170.
- Satija, R. C., Sharma, S. P. & Grewal, H. K. (1970b). Brain and optic lobes in a cribellate spider, *Stegodyphus pacificus* Pocock (Arachnida – Araneida). Zool. Polon., 20, 87-101.
- Seid, M.A., Castillo, A. & Wcislo, W.T. (2011). The allometry of brain miniaturization in ants. Brain Behav. Evol., 77, 5-13.
- Strauss, R. (2002). The central complex and the genetic dissection of locomotor behaviour. Curr. Opin. Neurobiol., 12, 633-638.
- Strausfeld, N. J. (1998). Crustacean – insect relationships: the use of brain characters to derive phylogeny amongst segmented invertebrates. Brain Behav. Evol., 52, 186- 206.
- Strausfeld, N.J. & Barth, F.G. (1993). Two visual system in one brain: neuropils serving the secondary eyes of the spider *Cupiennius salei*. J. Comp. Neurol., 328, 43-55.
- Strausfeld, N. J., Weltzien, P. & Barth, F. G. (1993). Two visual systems in one brain: neuropils serving the principal eyes of the spider *Cupiennius salei*. J. Comp. Neurol., 328, 63-75.
- Strausfeld, N. J., Strausfeld, C. M., Stowe, S., Rowell, D. & Loesel, R. (2006). The organization and evolutionary implications of neuropils and their neurons in the brain of the onychophoran *Euperipathoides rowelli*. Arthropod Struct. Dev., 35, 169-196.
- Telford, M.S. & Thomas, R.H. (1998). Expression of homeobox genes shows chelicerate arthropods retain their deutocerebral segment. P. Natl. Acad. Sci. USA 95, 10671-10675.
- Templin, J., Jacuński, L. & Napiórkowska, T. (2009-2010). Metameric malformations of opisthosoma in *Tegenaria atrica* (Araneae, Agelenidae). Zool. Polon., 54-55(1-4), 33-42.
- Templin, J., Jacuński, L. & Napiórkowska, T. (2009). Disturbances in the structure of the prosoma in *Tegenaria atrica* induced by alternating temperatures (Araneae, Agelenidae). Bull. Br. Arachnol. Soc., 14(7), 303-307.
- Van der Woude, E., Smid, H.M., Chittka, L. & Huigens, M.E. (2013). Breaking Haller's Rule: brain-body size isometry in a minute parasitic wasp. Brain Behav. Evol., 81, 86-92.
- Wegerhoff, R. & Breidbach, O. (1995). Comparative aspects of the chelicerate nervous systems. In O. Breidbach & W. Kutsch (Eds.), The Nervous Systems of Invertebrates: An Evolutionary and Comparative Approach (pp. 160-179). Switzerland: Birkhäuser Verlag Basel.
- Wehner, R., Fukushi, T. & Isler, K. (2007). On being small: brain allometry in ants. Brain Behav. Evolut., 69, 220-228.
- Weltzien, P. & Barth, F. G. (1991). Volumetric measurements do not demonstrate that the spider brain „Central body” has a special role in web building. J. Morph., 208, 91-98.
- Weygold, P. (1985). Ontogeny of the arachnid central nervous system. In: Barth F.G.(Ed.), Neurobiology of Arachnids, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 20-37.

## Załącznik 2a

---

Witt, P.N. (1969). Behavioral consequences of laser lesions in the central nervous system of *Araneus diadematus* Cl. Am. Zool., 9, 121-131.

Wolff, C. & Hilbrant, M. (2011). The embryonic development of the Central American wandering spider *Cupiennius salei*. Front. Zool., 8, 15.

Wu, C.-L., Xia, S., Fu, T.-F., Wang, H., Chen, Y.-H., Leong, D., Chiang, A.-S. & Tully, T. (2007). Specific requirement of NMDA receptors for long-term memory consolidation in *Drosophila* elipsoid body. Nat. Neurosci., 10, 1578-1586.

### 6. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych (artystycznych)

#### A) Dorobek naukowy

W roku 1984 rozpoczęłam studia dzienne na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu na kierunku Biologia. Po drugim roku studiów wybrałam specjalność: biologia ogólna. Przedmiotem moich zainteresowań była zoologia, a szczególnie histologia zwierząt. Pierwsze badania, prowadzone w ramach pracy magisterskiej realizowanej w Zakładzie Zoologii Kręgowców, dotyczyły budowy histologicznej tarczycy żaby *Xenopus laevis*. Podjęte przeze mnie badania morfometryczne miały na celu oszacowanie wielkości gruczołu i jego części wydzielniczej, jak również relacji, w jakich pozostawały one z rozmiarami ciała osobników w stadiach larwalnych poprzedzających okres przeobrażenia. Na podstawie uzyskanych wyników przygotowałam pracę magisterską pt. „Budowa i rozmiary tarczycy młodszych stadiów larwalnych *Xenopus laevis* (Daudin)”, której promotorem był Pan dr hab. Andrzej Przystalski, a bezpośrednim opiekunem Pani dr Alicja Francois-Krassowska. Ważnym osiągnięciem mojej pracy było stwierdzenie obecności komórek barwnikowych położonych w międzypęcherzykowej tkance łącznej, czego dotychczas u Anura nie spotkano, jak również wykazanie istotnych różnic dotyczących udziału tkanki łącznej w formowaniu gruczołu. Realizacja tematu pracy magisterskiej umożliwiła mi zapoznanie się z podstawowymi technikami histologicznymi, jak również z metodami poboru tkanek do badań oraz analizy materiału i dała solidne podstawy do prowadzenia obserwacji z wykorzystaniem poznanych metod. Dzięki zaangażowaniu Pana dr. Henryka Andrzejewskiego doskonaliłam umiejętności wykonywania dokumentacji

## Załącznik 2a

---

fotograficznej i samodzielnego wywoływania wykonanych fotografii. Pracę magisterską obroniłam w czerwcu 1989 roku z wynikiem bardzo dobrym.

We wrześniu 1989 roku rozpoczęłam pracę na Akademii Medycznej w Bydgoszczy w Katedrze i Zakładzie Biologii, której kierownikiem był Pan prof. dr hab. Gerard Drewa, na samodzielnym stanowisku - biologa. Do moich obowiązków należało przygotowanie materiału na zajęcia laboratoryjne dla studentów I roku Wydziału Lekarskiego w zakresie genetyki człowieka oraz dla studentów II roku Wydziału Farmacji. Ponadto aktywnie uczestniczyłam na niektórych zajęciach laboratoryjnych. Dodatkowo zostałam włączona w bieżące prace naukowe wykonywane ówczesnie przez pracowników Katedry (m.in. przygotowywanie preparatów z rozmazu krwi i obliczanie liczby elementów morfotycznych, oznaczanie białka w wątrobotrzustce u *Gasterosteus*, wszczepianie czerniaka myszom doświadczalnym oraz oznaczanie białka w homogenatach). Moją pracę na Akademii Medycznej przerwał urlop macierzyński, a później wychowawczy. Po przeprowadzeniu się do Torunia, dzięki uprzejmości i ogromnej życzliwości Pani prof. dr hab. Alicji Strzelczyk zostałam zatrudniona w roku 1995 w Zakładzie Konserwacji Papieru i Skóry Instytutu Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa UMK jako pracownik techniczny na czas określony. Do moich obowiązków należały wszystkie prace związane z organizacją Zakładu, jak również z prowadzonymi zajęciami laboratoryjnymi. Ponieważ otworzyła się możliwość zatrudnienia na stanowisku asystenta na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi, w listopadzie 1995 roku podjęłam pracę w Zakładzie Zoologii Bezkręgowców kierowanym przez Pana prof. dr hab. Lecha Jacuńskiego. Był to przełomowy moment w mojej pracy zawodowej. Dzięki życzliwości, zaangażowaniu i ogromnemu wsparciu Pana Profesora otrzymałam narzędzia i podstawy do prowadzenia własnych badań naukowych. Zostałam włączona do zespołu, którego szczególnym zainteresowaniem była arachnologia. Po raz pierwszy miałam okazję zapoznać się z metodami pozyskiwania pająków ze środowiska naturalnego, a także z zasadami zakładania oraz prowadzenia hodowli laboratoryjnej. Ponieważ zespół realizował prace na modelu *Eratigena atrica*, poznałam jego biologię, ekologię oraz behavior. Na podstawie pierwszych obserwacji powstała praca omawiająca wszystkie te zagadnienia, łącznie ze strategią rozrodczą (Zał. 3a, pkt II, D, str. 7, pkt 2). Wymieniona praca jest źródłem wiedzy dla początkujących hodowców naszych krajowych pająków. Poza działalnością dydaktyczną w dalszym ciągu realizowałam i rozwijałam swoje zamiłowanie do badań laboratoryjnych, szczególnie na polu teratologii eksperymentalnej. Głównym przedmiotem badań był

## Załącznik 2a

---

wspomniany wyżej pająk *E. atrica*, którego hodowla była zakładana co roku, przed sezonem rozrodczym, w celu pozyskania zarodków do badań teratologicznych. Czynnikiem, który był i jest wykorzystywany w tych badaniach jest temperatura, która zwykle działa łagodnie na rozwijające się embriony, lecz stosowana na przemian temperatura wyższa i znacznie niższa niż optimum działa teratogennie, co przetestował wcześniej Pan Prof. Lech Jacuński. Od początku zafascynowała mnie możliwość uzyskiwania w laboratorium różnorodnych anomalii rozwojowych w obrębie prosomy a nawet w opistosomie u pajaków, których zarodki traktowane są nie tylko zmiennymi temperaturami, ale także innymi czynnikami teratogennymi: fizycznymi, fizykochemicznymi i czysto chemicznymi. To one doprowadzają do uszkodzenia embrionów, a w konsekwencji do bardzo głębokich deformacji ciała, które często uniemożliwiają opuszczenie osłon jajowych. Niejednokrotnie również osobniki z anomaliami mają trudności z podjęciem prawidłowych funkcji życiowych i rzadko osiągają dojrzałość płciową, co niewątpliwie przyczynia się do spadku liczebności populacji w środowisku. Pomimo prowadzenia przez wielu naukowców wieloletnich, intensywnych prac nad wpływem czynników teratogennych na organizmy zwierząt jest wciąż wiele do zrobienia. Nieprzerwanie poszukuje się mechanizmów powstawania deformacji rozwojowych na różnych poziomach organizacji organizmów zwierzęcych.

W trakcie moich pierwszych lat badań nad teratologią pajaków, szczególnie zainteresowałam się strukturą centralnego układu nerwowego w różnych typach anomalii rozwojowych. Wykorzystując umiejętność preparatyki histologicznej, przeanalizowałam strukturę tego układu w kilku interesujących przypadkach deformacji wykazując, że obraz histologiczny układu może przyjmować różną postać w zależności od typu potworności. Wtedy też po raz pierwszy zwróciłam uwagę na zagadnienie dotyczące regeneracji odnóży i struktur pochodzenia przysadkowego u pajaków. Prowadzone przeze mnie w tym zakresie obserwacje w pierwszych latach pracy naukowej zaowocowały czterema publikacjami (Zał. 3a, pkt II, D, str. 8, pkt: 3-6) oraz posterami zaprezentowanymi na konferencjach krajowych (Zał. 3a, pkt III, B, str. 15-16, pkt: 6-8). Ponieważ w trakcie badań szczególnie zainteresowałam się procesami regeneracyjnymi u pajaków, podjęłam się opracowania tematu dotyczącego epimorfozy odnóży i struktur pochodzenia przysadkowego tym razem na większej, reprezentatywnej grupie osobników. Ponieważ w swoich badaniach na embrionach *Eratigena* otrzymywałam osobniki z różnorodnymi deformacjami odnóży zadałam pytanie, czy mogą one podlegać procesom regeneracyjnym tak, jak prawidłowo rozwinięte przysadki,

a jeśli tak, to w jakim stopniu, tempie i kierunku one postępują. Wszystkie studia nad epimorfozą przysadek i teratogenezą stały się punktem wyjścia do przygotowania rozprawy doktorskiej pt. „Epimorficzna regeneracja odnóży w różnych typach potworności u pająka *Tegenaria atrica* C.L.Koch”. Za główny cel pracy przyjąłem sprawdzenie na materiale doświadczalnym, czy epimorficzna regeneracja jest zjawiskiem powszechnym u pająków i obejmuje również teratologicznie zmienione odnóży. Próbowałem określić, czy i w jakim stopniu możliwe jest współdziałanie procesów regeneracyjnych z samoistnymi procesami naprawczymi, ustalić ogólny plan budowy morfologicznej regeneratów po amputacji przysadek w różnych typach potworności, wyznaczyć kolejne fazy regeneracyjne, jak również określić, czy w przypadku zdeformowanych odnóży istnieje możliwość osiągnięcia formy strukturalnej, właściwej dla nogi prawidłowo zbudowanej. Badałem również, czy struktura centralnego układu nerwowego ma wpływ na wykształcenie się regeneratu i ogólny plan jego budowy. Zawarte w rozprawie wyniki wykazały, że epimorfoza jest zjawiskiem powszechnym u pająków i dotyczy w różnym stopniu wszystkich zniekształconych przysadek. W przypadku polimelii oraz anomalii złożonych zastają uruchomione wyłącznie wstępne procesy regeneracyjne doprowadzające wyłącznie do zagojenia się rany, natomiast odtworzenie brakującej części odnóży następuje tylko w przypadku odnóży heterosymelicznych i schistomelicznych. Ponadto w trakcie regeneracji wyróżniłem trzy następujące fazy: larwalną, nimfalną i fazę stopniowego dochodzenia do normalnych wymiarów, przy czym ostatnia faza dotyczyła tylko odnóży schistomelicznych. One też podlegały, jak wykazały obserwacje osobników kontrolnych, samoistnym procesom naprawczym, które doprowadzały do całkowitego zniwelowania zniekształcenia. Natomiast odnóży heterosymeliczne po kolejnych liniach nigdy nie osiągały rozmiarów odnóży prawidłowo zbudowanych. W trakcie badań obserwowałem w tych przypadkach różne typy regeneratów w zależności od deformacji pierwotnej. Analiza centralnego układu nerwowego oraz unerwienia zmienionych odnóży pozwoliła mi na wysnucie wniosku, że struktura tego układu ma istotny wpływ na rozwój regeneratu i ogólny plan jego budowy. Moja rozprawa doktorska była pierwszą i jak dotąd jedyną pracą, omawiającą zagadnienie regeneracji u pająków z anomaliami rozwojowymi odnóży.

Na bazie wyników badań będących przedmiotem rozprawy doktorskiej powstały cztery publikacje (Zał. 3a, pkt II, A, str. 4, pkt 2 oraz pkt II, D, str. 9-10, pkt 9-10, 14).

## Załącznik 2a

---

Po uzyskaniu stopnia doktora, we wrześniu 2004 roku awansowałam na stanowisko adiunkta, kontynuując badania eksperymentalne z zakresu embriogenezy pajaków. Poza obserwacjami embriogenezy zakłóconej warunkami termicznymi, na embrionach sukcesywnie pozyskiwanych w sezonach rozrodczych prześledziłam normalny przebieg i czas trwania następujących po sobie, kolejnych faz rozwojowych. Obserwacje prowadziłam posługując się mikroskopem stereoskopowym i używając oleju parafinowego, w którym zanurzałam losowo wybrane embriony. Olej doskonale prześwietlał osłony jajowe i, co było szczególnie istotne, nie hamował procesów rozwojowych, a poszczególne fazy rozwoju trwały tak samo długo, jak w jajach kontrolnych. Obserwowałam wszystkie stadia rozwojowe rozłożone w czasie, a więc od stadium rozet, poprzez wczesną i późną blastodermę, dysk zarodkowy, płytkę pierwotną i bruzdę pierwotną, cumulus, pole dorsalne, zakładanie się odnóży, blastokinezę aż do wylęgu. Ustaliłam, że embriogeneza u tego pajaka nie odbiega zasadniczo od modelu opisanego u innych gatunków pajaków, np. *Torania variata* czy *Cupiennius salei*. Wyniki z tych obserwacji zostały przedstawione na konferencji (Zał. 3a, pkt III, B, str. 16, pkt 13).

Znacznie później zaplanowałam i przeprowadziłam eksperyment dotyczący wpływu temperatury i fotoperiodu, w stałych warunkach wilgotności, na czas trwania embriogenezy i wczesnej postembriogenezy *E. atrica* oraz śmiertelności zarodków i pierwszych stadiów rozwojowych. Celem eksperymentu było określenie, czy istnieje związek między czasem trwania embriogenezy i stadiów juwenilnych inkubowanych w tych samych warunkach termicznych, ale w różnych wariantach oświetlenia. Zarodki, larwy, nimfy I oraz nimfy II inkubowałam w stałych temperaturach: 12, 22, 25 i 32<sup>0</sup>C oraz w trzech wariantach oświetlenia: światło, ciemność, światło/ciemność w cyklu 12:12h. Stwierdziłam, że skrajne temperatury znacząco wpłynęły na śmiertelność embrionów (100% śmiertelność) i nimf II, podczas gdy przeżywalność larw i nimf I była zredukowana tylko w najniższej temperaturze. Co więcej, najniższa temperatura zmniejszyła tempo rozwoju wszystkich stadiów. Wpływ warunków świetlnych był mniej widoczny i bardziej zmienny: ciągłe oświetlenie zmniejszało przeżywalność nimf I w najniższej temperaturze, ale podwyższało przeżywalność larw. Światło powodowało wydłużenie embriogenezy i czas trwania stadiów nimfalnych, szczególnie w niższych temperaturach. Zatem można wnioskować, że najbardziej optymalne warunki dla pajaka tego gatunku to ciemne i ciepłe miejsca, gdzie temperatura utrzymuje się na poziomie 25<sup>0</sup>C. W tych warunkach ich rozwój jest najszybszy, a śmiertelność najniższa.



## Załącznik 2a

---

Wyniki z powyższych obserwacji zostały przedstawione w artykule (Zał. 3a, pkt II, A, str. 6, pkt 12)

Od wielu lat przedmiotem mojego szczególnego zainteresowania jest budowa anatomiczna pajaków, a szczególnie struktura układu nerwowego. Prowadząc eksperymenty teratologiczne na *Eratigena atrica* uzyskałam wiele osobników z deformacjami morfologicznymi. Założyłam, że u takich osobników układ ten zostaje istotnie zakłócony, a dotyczy to zwłaszcza osobników z anomaliami metamerycznymi, za jakie uznać należy oligomelię oraz polimelię przysadek. W różnorodnych przypadkach oligomelii odnóży chodowych (3/4, 3/3, 3/2 itd.), obserwowałam brak odpowiednich zwojów chodowych zgodnie z liczbą brakujących odnóży. Wyniki obserwacji zostały opublikowane (Zał. 3a, pkt II, A, str. 4, pkt 2). Natomiast w przypadkach polimelii odnóży chodowych lub gębowych, u wszystkich osobników, które zostały przeze mnie poddane szczegółowej analizie histologicznej, zawsze obecny był dodatkowy zwój lub nawet kilka nadliczbowych zwojów odpowiednio do liczby wykształconych odnóży. Wyniki zostały opublikowane (Zał. 3a, pkt II, A, str. 6, pkt 9 oraz pkt II, D, str. 9, pkt 12).

Badania wskazują, że w przypadku anomalii rozwojowych ważne są nie tylko zmiany zewnętrzne, ale niezwykle cenna jest również analiza układów wewnętrznych, w tym struktura układu nerwowego. Na podstawie tych obserwacji można wnioskować, że w przypadku deformacji rozwojowych konieczne są studia histologiczne i rewizja dotychczasowych poglądów na temat anomalii rozwojowych u pajęczaków.

Podczas moich badań nad teratogenezą, poza zmianami w obrębie prosomy, analizowałam również zmiany, które wystąpiły u osobników w tagmie opistosomalnej. Takich przypadków jest znacznie mniej, co wskazuje na większą jej stabilność w procesach morfogenetycznych. Niemniej jednak obserwowałam zmiany w zewnętrznym aparacie przędnym. Najczęściej brakowało pojedynczego kądziołka, przedniego, środkowego lub tylnego, ale były także przypadki, w których brakowało pary kądziołków przednich lub środkowych (oligomelia). Schistomelia występowała niezwykle rzadko, podobnie jak heterosymelia i podwojenie całego kompletu kądziołków. Do wyjątkowych anomalii należy zaliczyć wystąpienie zaodwłoka, obecność dwóch otworów odbytowych u pojedynczych osobników oraz polimelię (obecność dodatkowego kądziołka). Stwierdziłam, że niektórym anomalii towarzyszą zmiany w rysunku na grzbietowej stronie ciała, które przejawiają się asymetrią, zlewaniem się sąsiednich plam, przesunięciem lub brakiem fragmentu rysunku.

## Załącznik 2a

---

Interesującym jest fakt, że w przypadku oligomelii kądziółków środkowych nie stwierdziłam zakłóceń w ubarwieniu opistosomy, co potwierdza ich pochodzenie z zawiązków odnoży 5. metameru. Wystąpienie niektórych deformacji w tagmie opistosomalnej, np. zaodwłoka można też uznać za cechy atawistyczne, a więc czynnik teratogeny powodowałby powrót do cech filogenetycznych. Obserwacje dotyczące deformacji tagmy opistosomalnej zostały przedstawione w publikacji (Zał. 3a, pkt II, D, str. 10, pkt 15) oraz na konferencji krajowej (Zał. 3a, pkt III, B, str. 16, pkt. 12) i na Międzynarodowym Sympozjum (Zał. 3a, pkt III, B, str. 14, pkt 2).

Kolejnym obszarem moich zainteresowań był rozwój aparatu jadowego u pająka *Eratigena atrica*. Podjęłam się wykonania badań morfometrycznych tego aparatu w początkowych stadiach postembrionalnych. Celem tych badań było określenie stopnia rozwoju gruczołów jadowych oraz narządu raniącego u larw, w stadium nimfy II oraz nimfy IV. Założyłam, że rozwój tego aparatu będzie skorelowany z powiększaniem się całej prosomy. Wykazałam, że po czterech linieniach postlarwalnych objętość prosomy wzrosła ponad czterokrotnie, natomiast objętość gruczołów jadowych czterdziestosiedmiokrotnie. Średni procentowy udział objętości gruczołów jadowych w objętości prosomy u larw był niewielki i stanowił 0,24%, podczas gdy u nimf IV 2,62%. Większy wzrost objętości gruczołów oraz większy udział procentowy gruczołów w objętości prosomy stwierdziłam po dwóch pierwszych linieniach, co pozwala na wysnucie wniosku, że szybki rozwój tego aparatu w pierwszych stadiach rozwoju jest związany ze zmianą odżywiania się pająków. Larwy i nimfy I korzystają ze zmagazynowanego żółtka w opistosomie, natomiast od stadium nimfy II samodzielnie zdobywają pokarm, co wpływa na intensywny rozwój aparatu jadowego. Wyniki uzyskane z powyższych obserwacji zostały przedstawione na Międzynarodowym Sympozjum (Zał. 3a, pkt III, B, str. 15, pkt 4)

Zakładając i prowadząc co roku hodowlę *E. atrica*, aby pozyskać embriony do badań, obserwowałam zachowania rozrodcze tego gatunku. Było to przyczynkiem do szerokich poszukiwań informacji dotyczących wszystkich aspektów strategii rozrodczych u pająków, które w tym względzie są doskonałym modelem do badań nad poliandrią. Wykonano na nich wiele prac eksperymentalnych i przetestowano wiele różnych hipotez. Wykazały one, że w przypadku pająków najlepszym rozwiązaniem wydaje się właśnie poliandria, której wyewoluowanie i utrzymanie ma swoje uzasadnienie w bilansie korzyści (bezpośrednich - materialnych oraz pośrednich - genetycznych) i strat wynikających z wielokrotnych kopulacji.



## Załącznik 2a

---

W przypadku samic korzyści z poliandrii są ogromne i w rezultacie przewyższają ponoszone przez nie koszty. U samic możliwość wyboru ojca dla swojego potomstwa nie jest ograniczona tylko do dobierania sobie odpowiednich partnerów, lecz także może odbywać się poprzez selekcję nasienia pochodzącego od różnych partnerów, czemu sprzyja budowa spermatek. Ich morfologia może wpływać na priorytet spermy pierwszego lub ostatniego partnera przy założeniu, że masy spermy są w nich uwarstwione i nie następuje mieszanie się ejakulatów, lub też występuje to w niewielkim stopniu. Stopień mieszania się spermy można określić u gatunków z wieloma złożami poprzez sprawdzenie, jak zmienia się ojcostwo u potomstwa z kolejnych kokonów. Wszystkie zebrane przeze mnie informacje stanowiły podstawę do napisania artykułu przeglądowego, który został opublikowany (Zał. 3a, pkt II, D, str. 11, pkt 22) oraz napisania projektu badawczego w konkursie Opus 12 (NCN) pt. „Strategia rozrodcza samic *Eratigena atrica* w oparciu o badania genetyczne potomstwa”, który jednak nie uzyskał finansowania.

Równolegle współpracowałam z zespołem Pani dr hab. Maryli Szczepanik (UMK), z którą prowadziliśmy badania laboratoryjne nad wrażliwością najmłodszych stadiów postembrionalnych pająków (larw, nimf I i nimf II) na pyretroidy. Wiadomym jest, że pająki zasiedlają ekosystemy rolnicze i leśne, stąd też narażone są na negatywne działanie insektycydów. Poznanie mechanizmów ich działania i poziomów tolerancji tej grupy drapieżców wobec tych substancji jest szczególnie istotne zwłaszcza dlatego, iż są one stosunkowo słabo poznane. Przetestowaliśmy działanie pyretroidów (Fury 10 EC – zeta-cypermetyryna i Talstar 100 EC - bifentryna) metodą oprysku osobników, po czym oszacowaliśmy ich śmiertelność. Badania wykazały, że insektycyd Fury 100 EC jest bardzo toksyczny dla larw (śmiertelność ok. 98%), natomiast Talstar 100 EC działa znacznie słabiej na pająki w tym stadium rozwojowym, bowiem śmiertelność larw była znacznie niższa (śmiertelność ok. 50%). Jednocześnie stwierdziliśmy, że nimfy I były zdecydowanie bardziej wrażliwe na zastosowane insektycydy niż nimfy II, na co wskazywała wyższa śmiertelność nimf I (88% śmiertelność po zastosowaniu zeta-cypermetyryny i 92% śmiertelność po zastosowaniu bifentryny). Wyniki tego eksperymentu zostały przedstawione w monografii (Zał. 3a, pkt II, D, str. 7, pkt 1) oraz na konferencji międzynarodowej (Zał. 3a, pkt III, B, str. 14, pkt 1).

Podjęliśmy się również badań dotyczących wrażliwości larw i nimf I *E. atrica* na insektycydy (Vertimec 018 EC - abamektyna, SpinTor 240 SC - spinosad, Actara 25 WG -

## Załącznik 2a

---

tiametoksam oraz Fastac 100 EC – alfa-cypermetryna) zawierające substancje czynne z różnych grup chemicznych. Badania toksykologiczne prowadziliśmy dwiema metodami: kolonizacji na traktowanym podłożu oraz metodą bezpośredniego opryskiwania osobników w naczyniach laboratoryjnych. Badania preparatów stosowanych w różnych stężeniach wykazały, że wrażliwość pajaków jest bardzo zróżnicowana. Najbardziej toksycznym insektycydem dla młodocianych postaci pająka był Fastac 100 EC, ponieważ jego zastosowanie powodowało wysoką śmiertelność osobników (do 97%). Inne środki owadobójcze (Actara 25 WG oraz Vertimec 018 EC) wykazały niską toksyczność, stąd też wniosek, że stosowanie zalecanych przez producenta dawek polowych jest bezpieczne dla badanych stadiów rozwojowych pajaków. Niskie dawki SpinTor 240 SC powodowały niską śmiertelność osobników (do 22%), lecz wyższe dawki stężenia preparatu stanowiły większe zagrożenie, bowiem śmiertelność była znaczna, głównie z powodu zahamowanego procesu linienia. Na podstawie tych badań można przypuścić, że wrażliwość młodszych stadiów rozwojowych innych gatunków pajaków na te insektycydy może być zbliżona. Wyniki badań zostały opublikowane (Zał. 3a, pkt II, D, str. 11, pkt 18) i przedstawione na konferencji (Zał. 3a, pkt III, B, str. 18, pkt 21).

W mojej pracy badawczej nad rozwojem embrionalnym zwierząt bezkręgowych nie ograniczałam się tylko i wyłącznie do pajaków, ale również pod uwagę wzięłam inne taksony zwierząt. Podjęłam współpracę z Panem mgr. Michałem Mięsikowskim i jego zespołem działającym przy ówczesnej Pracowni Histologii i Embriologii Kręgowców UMK, który przeprowadzał badania nad embrionalnym rozwojem raka marmurkowego (*Procambarus virginalis*) rozważanego jako gatunek inwazyjny. W stworzonych przez nas warunkach laboratoryjnych, rozwój raka trwał ok. 30 dni, przy czym wyróżniliśmy 10 stadiów embrionalnych. Na podstawie uzyskanych wyników powstał poster przedstawiony na konferencji (Zał. 3a, pkt III, B, str. 18, pkt 20). Badaliśmy również wczesny rozwój ontogenetyczny ryby pielęgnicowatej *Neolamprologus similis* z Jeziora Tanganika. Poza obserwacjami były wykonywane pomiary w wyznaczonych przedziałach czasowych. Obserwowaliśmy m. in. rozwój mózgu i oczu, inicjację funkcji serca oraz pojawienie się hemoglobiny. Stwierdziliśmy, że w pełni uformowany narybek pojawił się po ok. 10-14 dniach (tak jak w naturze). Wyniki naszych badań zostały przedstawione na konferencji (Zał. 3a, pkt III, B, str. 18, pkt 23).

## Załącznik 2a

---

Współpracowałam również z Panią dr Katarzyną Wołczuk (Zakład Zoologii Kręgowców UMK). Wspólnie prześledziliśmy zmiany morfologiczne zachodzące w obrębie błony śluzowej jelita cienkiego oraz grubego chomika dzungarskiego między dniem urodzenia a 3. miesiącem życia. Stwierdziliśmy, że we wczesnym okresie pourodzeniowym następuje przebudowa powierzchni błony śluzowej, zmienia się kształt kosmków jelitowych, następuje ogólny wzrost rozmiarów struktur błony śluzowej, łącznie z intensywnym wzrostem długości i średnicy jelita. To powoduje, że powierzchnia wewnętrzna jelita zwiększa się w tym czasie 22-krotnie, a jelita grubego aż 28-krotnie. Wyniki obserwacji zostały przedstawione na konferencji (Zał. 3a, pkt III, B, str. 17, pkt 17). U tego gatunku przeprowadziliśmy również badania nad rozwojem kubków smakowych we wczesnym okresie postnatalnym. Wyniki wskazują, że rozwój i funkcjonalna dojrzałość tych struktur występuje w różnym czasie, w różnych częściach języka. Kubki zlokalizowane w przedniej części języka były rozwinięte w okresie karmienia, natomiast w tylnej części wykazywały cechy dojrzałości tuż przed okresem odstawienia. Wyniki tych obserwacji przedstawiliśmy na konferencji (Zał. 3a, pkt III, B, str. 18, pkt 24). Badania porównawcze budowy morfologicznej języków w oparciu o obraz ze skaningowego mikroskopu elektronowego, przeprowadziliśmy również u dwóch gatunków owadożernych nietoperzy: mopka i gacka brunatnego. Badania wykazały duże podobieństwo budowy języków, co jest prawdopodobnie związane z takimi samymi preferencjami pokarmowymi, a międzygatunkowa różnica zaobserwowana była jedynie w długości wypustek rogowych występujących na brodawkach nitkowatych. U gacka brunatnego były one dłuższe niż u mopka, co by wskazywało na to, że dieta gacka obfituje w twardsze elementy niż dieta mopka. Uzyskane wyniki przedstawiliśmy na konferencji (Zał. 3a, pkt III, B, str. 19, pkt 28).

Przeprowadziliśmy również analizę strukturalną i histochemiczną przewodu pokarmowego młodych osobników babki szczupłej (*Neogobius fluviatilis*). Badania wykazały, że bezpośrednio za przełykiem występuje krótki odcinek, którego ściana ma budowę typową dla żołądka. W błonie śluzowej tego odcinka były obecne wielokomórkowe gruczoły typu pęcherzykowego. Komórki tworzące ścianę gruczołów, podobnie jak komórki nabłonka powierzchniowego, nie dawały pozytywnego wyniku reakcji na obecność śluzów. Właściwości histochemiczne komórek nabłonka powierzchniowego oraz gruczołowego w połączeniu z niewielkimi rozmiarami tego odcinka, pozwoliły nam na wysnucie wniosku, że

## Załącznik 2a

---

żołądek babki szczupłej jest narządem szczątkowym. Wyniki obserwacji zostały opublikowane (Zał. 3a, pkt II, D, str. 11, pkt 21).

Ponieważ w trakcie mojej pracy zainteresowałam się również zjawiskami związanymi z globalnymi zmianami klimatu, nawiązałam współpracę z Zakładem Hydrobiologii UMK, który prowadził tego typu obserwacje na bezkręgowcach wodnych. Nadrzędnym celem naszych badań było określenie wpływu warunków hydrologicznych panujących w Wiśle na sposób formowania się zgrupowań zooplanktonu w starorzeczach dolnego odcinka rzeki. Badaliśmy strukturę gatunkową, liczebność i biomasę zooplanktonu nie tylko w starorzeczach, ale również w głównym korycie rzeki, w różnych warunkach hydrologicznych. Badania wykazały, że wyższa temperatura wody podczas limnofazy i stabilniejsze warunki miały wpływ na liczebność zooplanktonu, która była ponad dwukrotnie wyższa niż podczas potamofazy. Sprzyjała ona rozwojowi skorupiaków planktonowych (większa liczebność, zwłaszcza form larwalnych widłonogów). Natomiast podczas potamofazy odnotowaliśmy większe bogactwo gatunkowe i większą różnorodność zooplanktonu. Zgodnie z teorią IDH (*Intermediate Disturbance Hypothesis*), największą różnorodność i liczbę gatunków zanotowaliśmy podczas potamofazy przy średnim, stałym przemywaniu starorzeczy wodami rzecznyymi. Prowadząc badania po powodzi w 2010 roku stwierdziliśmy, że powódź zmieniła warunki abiotyczne w starorzeczach, co spowodowało zmianę struktury zooplanktonu. Największym zmianom uległy populacje zooplanktonu w starorzeczach izolowanych, bogatych w makrofity. Pojawiły się nowe gatunki, których rozwój stymuluje obfitość zawiesiny organicznej i bakterii. Liczebność zooplanktonu wzrosła za sprawą obfitości wrotków, natomiast gwałtownie spadła liczebność Cladocera. Badaliśmy również różnorodność i zagęszczenie zooplanktonu przy ekstremalnie niskim stanie wody, w okresie suszy, w roku 2015. Stwierdziliśmy, że dominują najbardziej tolerancyjne i przystosowane do takich warunków, pospolite gatunki wrotków. Z powyższych badań wynika, że wysoki i niski stan wody nie sprzyja różnorodności biologicznej. Wyniki badań zostały opublikowane (Zał. 3a, pkt II, A, str. 5-6, pkt 5, 7, 8). W roku 2000 prowadziliśmy również badania nad zmiennością zooplanktonu na 272-kilometrowym odcinku dolnej Wisły. Zastosowaliśmy metodę poboru prób „z tej samej wody” spływając z nurtem rzeki. Stwierdziliśmy, że liczba gatunków, liczebność oraz biomasa zooplanktonu powoli maleją w dół rzeki, na co prawdopodobnie wpłynęła podłużna regulacja koryta rzeki. Wyniki badań zostały opublikowane (Zał. 3a, pkt II, A, str. 4, pkt 3). Kolejnym punktem mojej współpracy było

## Załącznik 2a

---

badanie rzeki Wel, która przepływa przez 10 jezior. Celem tej obserwacji było określenie, czy obecność jezior w systemie rzeki wpływa na wzrost bogactwa gatunkowego zooplanktonu w jej nurcie. Potwierdziliśmy naszą hipotezę, że jeziora były głównym źródłem zooplanktonu w rzece Wel. Wyniki badań przedstawiliśmy w artykule (Zał. 3a, pkt II, D, str. 11, pkt 20).

W kolejnych badaniach postawiliśmy hipotezę, że bezkręgowce wodne są dobrymi bioindykatorami jakości wód, dlatego w 2016 roku rozpoczęliśmy badania z użyciem Zooplanktonowych Wskaźników Stanu Trofii do oceny jakości wód dorzecza Strugi Toruńskiej. Badania potwierdziły postawioną przez nas hipotezę, a wyniki zostały przedstawione w monografii oraz na konferencji (Zał. 3a, pkt II, D, str. 12, pkt 23 oraz pkt III, B, str. 19, pkt 30).

Mój dorobek naukowy, wraz z jednotematycznym cyklem publikacji stanowi współautorstwo **41** publikacji, w tym **18** oryginalnych prac opublikowanych w czasopismach indeksowanych przez *Journal Citation Reports* (jako pierwszy autor i autor korespondencyjny) oraz **23** prac oryginalnych nieindeksowanych przez *JRC*. Sumaryczna liczba punktów MNiSW za te prace, zgodnie z rokiem opublikowania, wynosi **451**, natomiast sumaryczny *impact factor* wynosi **18.029**.

Jestem również współautorką **5** komunikatów i wystąpień na konferencjach międzynarodowych oraz **26** na konferencjach krajowych (Zał. 3a, pkt III, B, str. 14-19, pkt 1-31). Parametry bibliometryczne dorobku są wyszczególnione w Załączniku 3a, pkt II, F, G, H, str. 12.

W czasie zatrudnienia w Zakładzie Zoologii Bezkręgowców podnoszę swoje kwalifikacje. Uczestniczyłam w Konferencji Dydaktyczno-Szkoleniowej, odbyłam kurs doształcający w zakresie języka angielskiego dla celów akademickich oraz staż z wykonywania preparatów do obrazowania w transmisyjnym i skaningowym mikroskopie elektronowym, jak również mikroskopie konfokalnym (Zał. 3a, pkt III, L, str. 24, pkt 1-3)

W trakcie mojej działalności zrecenzowałam artykuł nadesłany do druku w międzynarodowym czasopiśmie naukowym (Zał. 3a, pkt III, P, str. 24).

### B) Dorobek dydaktyczny i organizacyjny

#### Działalność dydaktyczna

Przez cały czas mojego zatrudnienia w Zakładzie Zoologii Bezkręgowców prowadziłam przedmioty ujęte w standardzie nauczania dla kierunków: Biologia, Międzywydziałowe Studium Przyrody, Biologia ze specjalnością nauczycielską – Nauczanie Biologii i Geografii oraz Chemii, Chemia – Nauczanie Chemii i Biologii, Biotechnologia, Ochrona Środowiska, Biologia Sądowa (Zał. 3 a, pkt III, I, str. 20-21). Były to ćwiczenia laboratoryjne oraz terenowe, a także pracownie dyplomowe oraz magisterskie. Prowadziłam trzy wykłady, z których dwa były wykładami autorskimi (Wybrane zagadnienia z ekofizjologii pajaków i Pajęczy świat) i szczególnie związanymi z moimi zainteresowaniami i badaniami naukowymi (Zał. 3a, pkt III, I, str. 21, pkt 7, 12). Celem tych przedmiotów było zapoznanie studentów z: filogenezą pajaków i ich cechami charakterystycznymi oraz budową struktur wewnętrznych (gruczołów jadowych, kądziółków przędnych, narządów kopulacyjnych) z uwzględnieniem ich funkcji i roli w biologii pajaków. Poruszane były zagadnienia związane ze strategiami rozrodczymi, rozwojem embrionalnym i postembrionalnym w powiązaniu z procesami linienia, możliwości regeneracyjne, omawiane były gatunki szczególnie zagrażające życiu i zdrowiu człowieka, jak i zagadnienia związane z możliwościami wykorzystania jadów i jedwabiu pajęczego.

W trakcie mojej pracy byłam opiekunem 4 prac magisterskich (Zał. 3a, pkt III, J, str. 22-23, pkt. 1-4) oraz 5 licencjackich (Zał. 3a, pkt III, J, str. 23). Ponadto, samodzielnie



## Załącznik 2a

---

wypromowałam 2 magistrantów (Zał. 3a, pkt III, J, str. 23, pkt 1-2) oraz 4 licencjatów (Zał. 3a, pkt III, J, str. 23, pkt 1-4). Tematyka tych prac była ściśle związana z moimi zainteresowaniami i nurtem badań.

Ponadto biorę aktywny udział w recenzowaniu prac licencjackich (9) oraz magisterskich (1) oraz w komisjach egzaminacyjnych (Zał. 3a, pkt III, J, str. 24; // Q, str. 25)

Działalność popularyzatorska i organizacyjna

Działalność popularyzatorska

Moja działalność popularyzatorska przejawiała się w udziale w zajęciach edukacyjnych dla dzieci i młodzieży. Przygotowałam i prowadziłam zajęcia w ramach Toruńskiego Festiwalu Nauki i Sztuki, Nocy Biologów, Dnia Otwartego na WBiOŚ UMK (Zał. 3a, pkt III, I, str. 22, pkt 1-6, 8-9). Od kilku lat prowadzę zajęcia z dziećmi w różnym przedziale wiekowym w ramach Uniwersytetu Dziecięcego prowadzonego przez Fundację Amicus Universitas Nicolai Copernici (Zał. 3a, pkt III, I, str. 22 pkt12). Prowadziłam zajęcia terenowe i laboratoryjne w Iławie dla uczniów II Liceum Ogólnokształcącego z Kwidzyna, których byłam również współorganizatorem (Zał. 3a, pkt III, I, str. 22, pkt 10). Prowadziłam zajęcia terenowe na starorzeczach wiślanych dla członków fundacji Eko-Inicjatywa z Kwidzyna (Zał. 3a, pkt III, I, str. 22, pkt 11). Wygłosiłam prelekcję i przeprowadziłam zajęcia praktyczne dla uczniów VII Liceum Ogólnokształcącego z Torunia (Zał. 3a, pkt III, I, str. 22, pkt 7). Ponadto byłam opiekunem roku (Biologia i Międzywydziałowe Studium Przyrody), reprezentowałam Wydział podczas Promocji Edukacyjnej UMK, byłam członkiem Rady Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi UMK, członkiem komisji do przeprowadzania postępowania rekrutacyjnego na kierunku Ochrona Środowiska, sekretarzem Komitetu Okręgowego Olimpiady Biologicznej w Toruniu (Zał. 3a, pkt III, Q, str. 24-25, pkt 1-5) oraz członkiem Komitetu Organizacyjnego XXI Zjazdu PTZool w Toruniu (Zał. 3a, pkt III, C, str. 20, pkt 1).

*Terese Napiółkowska*