

VILNIUS UNIVERSITY  
NATURE RESEARCH CENTRE

Andrej Pilinkovskij

Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*  
Mitchill, 1815) reintroduction in  
Lithuanian waters

**DOCTORAL DISSERTATION**

Natural Sciences,  
Ecology and Environmental (N 012)

---

VILNIUS 2022

This dissertation was written between 2014 and 2022 at the Nature Research Centre.

**Scientific consultant:**

Dr. Vytautas Kesminas (Nature Research Centre, Natural Sciences, Ecology and Environmental – N 012).

This doctoral dissertation will be defended externally in a public meeting of the Dissertation Defence Panel:

**Chairman** – Prof. Dr. Algimantas Paulauskas (Vytautas Magnus University, Natural Sciences, Biology – N 010).

**Members:**

Doc., Dr. Veronika Dedonytė (Vilnius University, Natural Sciences, Biology – N 010);

Dr. Milda Stankevičiūtė (Nature Research Centre, Natural Sciences, Ecology and Environmental – N 012);

Dr. Vytautas Rakauskas (Nature Research Centre, Natural Sciences, Ecology and Environmental – N 012);

Prof. Habil. Dr. Mirosław Szczepkowski (Stanisław Sakowicz Inland Fisheries Institute, Natural Sciences, Ecology and Environmental – N 012).

The dissertation will be defended externally at a public meeting of the Dissertation Defence Panel at 11 a.m. on 7 of december 2022 at the Meeting Room (101 a) of Nature Research Centre.

Address: Akademijos St. 2, LT-08412, Vilnius, Lithuania

Tel. + 370 5 272 92 57: E-mail: [sekretoriatas@gamtc.lt](mailto:sekretoriatas@gamtc.lt)

The text of this dissertation can be accessed at the libraries of Nature Research Centre and Vilnius University, as well as on the website of Vilnius University: [www.vu.lt/lt/naujienos/ivykiu-kalendorius](http://www.vu.lt/lt/naujienos/ivykiu-kalendorius)

VILNIAUS UNIVERSITETAS  
GAMTOS TYRIMŲ CENTRAS

Andrej Pilinkovskij

Aštriašnipio eršketo (*Acipenser  
oxyrinchus* Mitchill, 1815)  
reintrodukcija Lietuvos vandenyse

**DAKTARO DISERTACIJA**

Gamtos mokslai,  
Ekologija ir aplinkotyra (N 012)

---

VILNIUS 2022

Disertacija rengta 2014–2022 metais Gamtos tyrimų centre

**Mokslinis konsultantas:**

Dr. Vytautas Kesminas (Gamtos tyrimų centras, Gamtos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – N 012).

**Gynimo taryba:**

Pirmininkas – Prof. dr. Algimantas Paulauskas (Vytauto Didžiojo universitetas, gamtos mokslai, biologija – N 010).

Nariai:

Doc. dr. Veronika Dedonytė (Vilniaus universitetas, gamtos mokslai, biologija – N 010);

Dr. Milda Stankevičiūtė (Gamtos tyrimų centras, gamtos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – N 012);

Dr. Vytautas Rakauskas (Gamtos tyrimų centras, gamtos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – N 012);

Prof. habil. dr. Mirosław Szczepkowski (Stanislavo Sakovičiaus vidaus vandenių žuvininkystės institutas, gamtos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – N 012).

Disertacija ginama eksternu viešame Gynimo tarybos posėdyje 2022 m. gruodžio mėn. 7 d. 11 val. Gamtos tyrimų centro 101 auditorijoje.

Adresas: Akademijos g. 2, Vilnius, Lietuva LT-08412.

Tel. + 370 272 92 57; el. paštas [sekretoriatas@gamtc.lt](mailto:sekretoriatas@gamtc.lt)

Disertaciją galima peržiūrėti Gamtos tyrimų centro ir Vilniaus universiteto bibliotekose ir Vilniaus universiteto interneto svetainėje adresu:

<https://www.vu.lt/naujienos/ivykiu-kalendorius>

## CONTENTS

ABBREVIATIONS.....	6
LIST OF PUBLICATIONS.....	7
1. INTRODUCTION.....	11
1.1 The novelty of the research .....	16
1.2 The scientific and practical significance .....	16
1.3 The aim and objectives of the thesis.....	17
1.4 The objectives of the research.....	18
1.5 Statements to be defend.....	18
2. MATERIALS AND METHODS .....	19
2.1. Study design .....	19
2.2. Genetic investigations of sturgeons (Publication III) .....	19
2.3. Telemetric investigations of fish migration of <i>A. oxyrinchus</i> juveniles (Publication II) .....	222
2.4. Transportation effect on <i>A. oxyrinchus</i> according to haematological parameters (Publication I) .....	28
2.5. Survey-based assessment of recapture data for Atlantic sturgeon ( <i>Acipenser oxyrinchus</i> ) in Lithuanian fisheries (Publication IV) .....	29
3. RESULTS AND DISCUSSIONS .....	322
3.1. Genetic studies of sturgeon caught in Lithuania and exhibited in the Kaunas Tadas Ivanauskas museum (Publication III) .....	322
3.2. Migration of <i>A. oxyrinchus</i> juveniles in Lithuanian rivers (Publication II).....	35
3.3. Effect of stressors of different origin on haematological indices of fish (Publication I).....	42
3.4. Catches of tagged sturgeons in the Curonian Lagoon and in the coastal areas of the Baltic Sea (Publication IV) .....	45
CONCLUSIONS .....	511
RECOMMENDATIONS .....	522
SANTRAUKA .....	54
REFERENCES .....	73
COPIES OF PUBLICATIONS .....	80

## ABBREVIATIONS

FS under MARL – Fisheries Service under the Ministry of Agriculture of the Republic of Lithuania

KZM – Kaunas Tadas Ivanauskas Zoology Museum

CRS – closed recirculating system for fish farming

RE – regionally extinct PCR – polymerase chain reaction

mtDNA – mitochondrial DNA

bp – base pair

Hct – hematocrit level

RBC – red blood cell count

WBC – white blood cell count

GLU – glucose concentration

pH – potential of hydrogen

NO<sub>2</sub> – nitrogen dioxide

NH<sub>4</sub> – ammonium

L – the length of the fish's body, the distance from the beginning of the snout to the line connecting the ends of the caudal fin

l – the length of the fish's body from the beginning of the snout to the base of the caudal fin rays

Q – fish body weight

## LIST OF PUBLICATIONS

The results of the present study are presented in 5 scientific publications (Papers I–V) and were presented at 14 national and international scientific conferences. Publications are referred to within the text using Roman numerals.

### **Publications with an impact factor on the Clarivate Analytics Web of Science database:**

- I. Pilinkovskij, A.,** Vosyliënė, M.Z., Kazlauskienė, N., Jakubauskaitė, J. (2017) Hematological effects of transportation stress on Atlantic sturgeon *Acipenser oxyrinchus* (Mitchill, 1815). *Journal of Applied Ichthyology* 33 (5): 1021–1023.
- II. Stakėnas, S., Pilinkovskij, A.** (2019) Migration patterns and survival of stocked Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus* Mitchill, 1815) in Nemunas Basin, Baltic Sea. *Journal of Applied Ichthyology* 35 (1): 128–137.
- III. Butkauskas, D., Pilinkovskij, A.,** Ragauskas, A., Kesminas, V., Fopp-Bayat, D. (2019) Genetic characterization of Atlantic sturgeon stocking material used in Lithuania to restore the Baltic Sea population. *Journal of Acta Ichthyologica et Piscatoria* 49 (3): 251–256.
- IV. Stakėnas, S., Pilinkovskij, A.,** Poviliūnas, J. (2021) Survey-based assessment of recapture data for Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*) in Lithuanian fisheries. *Journal of Boreal Environment Research* 26: 117–128.

### **Other peer-reviewed publications:**

V. Gushchin, A., Kolman, R., Gečys, V., **Pilinkovskij, A.,** Lysianskiy, I., Szczepkowski, M., Stakėnas, S. (2013) Realization of the project for *Acipenser oxyrinchus* restoration in the basin of Neman river. *Journal of Ichthyology* 53(11): 937–943.

### **Presentations in national and international conferences:**

1. **Pilinkovskij A.** Aštriašnipio eršketo (*Acipenser oxyrinchus*) ekologinis ir genetinis monitoringas atkuriant natūralią populiaciją Lietuvoje. International Conference „Eršketinės Žuvys. Praeitis, dabartis ir ateitis“. 2014, October 15–16, Vilnius, Lithuania. Oral presentation.
2. **Pilinkovskij A.**, Poviliūnas J., Ratkus G. Žuvų pralaidų įrengimas prie esamų Kražantės ir Sausdravo upių užtvankų bei pralaidos rekonstrukcija Vilnios upėje. Aštriašnipių eršketų (*Acipenser oxyrinchus*) ženklimas vidiniais radiobanginiais žymekliais ir migracijos tyrimai Lietuvoje. IFM (Institute of Fisheries Management) tagging and telemetry workshop. The State of the Art. 2014, July 22–23, Leeds, England. Poster presentation.
3. **Pilinkovskij A.**, Butkauskas D. Aštriašnipio eršketo (*Acipenser Oxyrinchus*) ekologinis ir genetinis monitoringas atkuriant natūralią populiaciją Lietuvoje. International Conference „Eršketinės Žuvys. Praeitis, dabartis ir ateitis“. 2014, October 15–16, Trakai, Lithuania. Oral presentation.
4. Leliūna E., Gečys V., **Pilinkovskij A.** Lašišinių ir eršketinių žuvų populiacijų atstatymo darbai Lietuvos vandenyse. International Conference “WYLEGARNIA 2015”. 2015, April 23–24, Kazimierz Dolny, Lenkija. Oral presentation.
5. **Pilinkovskij A.**, Poviliūnas J., Sabulienė L., Ratkus G. Fish-passes in the existing dams of the Kražantė and Sausdravas rivers and the pass reconstruction in the river Vilnia. International Conference “Fish passage 2015”. 2015, June 22–24, Groningen, Nidherlands. Poster presentation.
6. Poviliūnas J., **Pilinkovskij A.**, Gečys V., Stakėnas S. (Осетровые рыбы Литвы и работы по восстановлению популяции Остроногого осетра (*Acipenser oxyrinchus* Mitchell) в Литве.) Lithuanian sturgeon fish and restoration of Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus* Mitchell) population in Lithuania. International Conference («Аквакультура осетровых: современные тенденции и перспективы»), Sturgeon aquaculture: current trends and prospects. May 18, 2016, Kherson, Ukraine. Oral presentation.
7. **Pilinkovskij A.**, Butkauskas D., Pažusytė A., Ragauskas A., Kesminas V. Molecular tools for genetic monitoring and re-establishment of population of *A. oxyrinchus* in Lithuania. International Conference “International sturgeon meeting (ISM-2016)”. May 30–June 8, 2016, Krasnodar, Russia. Poster presentation.



8. **Pilinkovskij A.**, Gečys V., Daukšys B. (Экологический и генетический мониторинг остроносого осетра (*Acipenser oxyrinchus* Mitchell) при восстановлении натуральной популяции в Литве). Ecological and genetic monitoring of Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus* Mitchell) during the restoration of the natural population in Lithuania. International Conference “Fourth International Young Researchers Conference of NACEE”. 2016, December 19–21, Saint Petersburg, Russia. Oral presentation.
9. **Pilinkovskij A.**, Butkauskas D., Stakėnas S., Kesminas V. Aštriašnipio eršketo (*Acipenser oxyrinchus*) ekologinis ir genetinis monitoringas atkuriant natūralią populiaciją Lietuvoje. Belarusian State Agricultural Academy, Department of Ichthyology and Pisciculture. 2017, April 5–8, Horki, Belarus. Oral presentation.
10. Kolman R., **Pilinkovskij A.**, Gushchin A., Gečys V., Poviliūnas P. Collaboration on Atlantic sturgeon restoration in the Nemunas river. International Conference “Recirculating aquaculture systems”. May 3–6, 2017, Daugavpils, Latvia. Oral presentation.
11. **Pilinkovskij A.**, Šidlauskienė I., Gečys V., Poviliūnas J., Butkauskas D., Stakėnas S. Baltic Sturgeon Restoration in the Basin of the Nemunas (Neman) River in Lithuania. 8<sup>th</sup> International Symposium on Sturgeon. September 11–15, 2017, Vienna, Austria. Poster presentation.
12. Butkauskas D., **Pilinkovskij A.** Restoration of Baltic sturgeon in the basin of the Nemunas River in Lithuania. International Conference («Факторы Экспериментальной Эволюции Организмов»). Factors of Experimental Evolution of Organisms“. October 2–6, 2017, Uman, Ukraine. Oral presentation.
13. **Pilinkovskij A.**, Poviliūnas J. (Восстановление популяции остроносого осетра в Литве и улучшение путей для миграции рыб). Restoration of the population of Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus* Mitchell) in Lithuania and improvement of fish migration routes. International Conference at National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. May 22–25, 2018, Kiev, Ukraine. Oral presentation.
14. Butkauskas D., **Pilinkovskij A.** Restoration of Baltic Sturgeon population in Lithuania and its characterisation using DNA markers. VII Baltic Genetics Congress. October 24–27, 2018, Riga, Latvia. Oral presentation.

### **Popular science:**

1. Skrupskelis K., Pilinkovskij A. Eršketai Lietuvoje. Žurnalas Žvejok Nr. 56, 2016.
2. Kesminas V., Pilinkovskij A. Išmokome veisti ir auginti eršketus, gal pasiseks atkurti ir sterles? Žurnalas Medžiotojas ir meškeriotojas. Nr. 1 (136). Vilnius. 22–23. 2016.
3. Pilinkovskij A. (2017) Lenkijos žuvivaisininkai atskleidė pienių šaldymo subtilybes (<http://zuv.lt/index.php?70559465>)
4. Pilinkovskij A., Poviliūnas J. (2018) Aštriašnipis eršketas (*Acipenser oxyrinchus*) – rūšis svarbi Baltijos regione (<http://zuv.lt/index.php?3955231381>)
5. Gečys V., Pilinkovskij A. (2018) Aštriašnipiai eršketai išleisti į Estijos Narvos upę (<http://zuv.lt/index.php?978348276>)
6. Gečys V., Pilinkovskij A., Poviliūnas J. (2019) Kaimyninių šalių žuvininkystės specialistai nori bendradarbiauti su Žuvininkystės tarnyba vertingų lašišinių ir eršketinių žuvų išteklių atkūrimo, žuvų auginimo, migracijos sąlygų gerinimo klausimais. (<http://zuv.lt/index.php?365022837>)
7. Pilinkovskij A., Poviliūnas J. (2019) Puikūs aštriašnipių eršketų auginimo rezultatai Vakarų regiono žuvivaisos skyriuje Rusnėje (<http://zuv.lt/index.php?2581518169>)
8. Pilinkovskij A., Poviliūnas J. (2019) Eršketų išteklių atkūrimui – tarptautinės pajėgos (<http://zuv.lt/index.php?2586489519>)

### **Prepared programme:**

1. Gessner J., Arndt G-M., Kapusta A., Shibayev S., Gushin A., Pilinkovskij A., Poviliūnas J., Medne R., Purvina S., Tambets M., Rask Möller P. (2018) HELCOM-Action Plan for the protection and recovery of Baltic sturgeon *Acipenser oxyrinchus oxyrinchus* in the Baltic Sea area.
2. Gessner J., Arndt G-M., Kapusta A., Shibayev S., Gushin A., Pilinkovskij A., Poviliūnas J., Medne R., Purvina S., Tambets M., Rask Möller P. (2019) HELCOM Action Plan for the Protection and Recovery of the Baltic Sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*) for the period of 2019–2029.

## 1. INTRODUCTION

The representatives of the Acipenseridae family distributed in the water bodies of the Northern Hemisphere are migratory and freshwater fish species. The family is grouped into 4 genera (*Acipenser sp.*, *Pseudoscaphirhynchus sp.*, *Huso sp.*, and *Scaphirhynchus sp.*) and 24 (27) species (Virbickas, 2005). The species are distributed in the Northern Hemisphere: North America, Europe, and Asia (Billard and Lecointre, 2001). Different investigations have not detected any great evolutionary karyotype changes among four Acipenseridae genera. This explains slow evolution of DNA sequences and of sturgeons themselves (Birstein et al., 1997). Sturgeons are long-lived and late-maturing fish species which distinguish by an elongated heterocercal caudal fin, long nose, elongated body covered with several rows of bony plates, and mouth with 4 barbels in the ventral part. Most of these fishes are anadromous, i. e. they hatch and spawn in freshwaters but most of their lives spend in seas (Williot et al., 2011).

Sturgeons were widely spread in Europe and in the world before the end of the 20th century. Currently, the following eight sturgeon species are being encountered in Europe: Sturgeon (*Acipenser sturio* Linnaeus, 1758), Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus* Mitchill, 1815) Adriatic sturgeon (*Acipenser naccarii* Bonaparte, 1836), Sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758), Beluga (*Huso huso* Linnaeus, 1758), Danube sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzeburg, 1833), Fringebarbel sturgeon (*Acipenser nudiventris* Lovetsky, 1828), and starry sturgeon (*Acipenser stellatus* Pallas, 1771) (Holčík, 1989). However, the Sturgeon (*A. sturio*) is currently one of the most endangered sturgeon species (Rochard et al., 1990; Birstein, 1993; Birstein et al., 1997a).

In general, sturgeons spread in the Baltic Sea after the last glaciation, with climate getting warmer. Polish researchers state that this process started approximately 7500–6900 BC. Sturgeon bone fragments were found in Gdansk and Szczecin gulfs (Makowiecki, 2003), and paintings on the cliffs of banks of Lake Onega (Russia, Besov Nos) from the Neolithic period (Lebedev, 1960) date back to 3000–2000 BC.

According to literature data, the sturgeons that spread in the Baltic Sea after the year 1800 belong to the Atlantic sturgeon (*A. oxyrinchus*), but not to the Sturgeon (*A. sturio*), as it was thought earlier (Gessner and Ritterhoff, 2004). Atlantic sturgeon (*A. oxyrinchus*) belongs to a sturgeon family which is one of the oldest bonefish families dating back to 200 million BC. Since then,

sturgeons have not undergone significant morphological changes; therefore, they can be called “living fossils” (Peng et al., 2007). In the 20th century, this species became extinct in the whole range of its distribution in the Baltic Sea. The eastern coast of the Atlantic Ocean in North America still inhabits individuals genetically similar to the sturgeons that lived earlier in the Baltic Sea. The former populations of the Baltic Sea genetically most closely resemble the species of the north Canadian population which still live in the St John and St Lawrence rivers (Ludewig et al., 2002).

Researchers (Ludewig et al., 2002) made a conclusion that the Atlantic sturgeon arrived to the Baltic Sea quite long ago and ousted the Sturgeon that lived there at that time. Later, as a consequence of the already-mentioned reasons its population became practically extinct. This opens new possibilities for the restoration of sturgeons in the Baltic Sea. *Acipenser oxyrinchus* is rather widely distributed in North America and its populations in rivers are abundant enough to start reintroduction.

Up to the end of the 19th century, sturgeons were rather frequent in the Nemunas, Neris, Merkys and Šventoji rivers and in the Baltic Sea (Ivanauskas et al., 1956). In Lithuania, the last sturgeon was caught in the Baltic Sea by Palanga town in 1975 (Kesminas et al., 2010). Many authors indicate the following reasons of extinction of this species: uncontrolled commercial fishing (overfishing), dam building on “spawning rivers”, worsening water quality, hydrological and hydromorphological changes in rivers, and deterioration of spawning habitats due to anthropogenic activities (Bonne, 1905; Schirmer, 1994; Gessner et al., 2018). One of the most important is drastic fishing of sturgeons in the middle of the 20th century led to the extinction of the species in Lithuania and nearly all Europe (Debus, 1996; Mamcarz, 2000.) Until quite recently, it was thought that the Sturgeon (*A. sturio*) lived in Lithuania (Kesminas et al., 2011), but genetic investigations conducted several decades ago revealed that the Baltic Sea was inhabited by the Atlantic sturgeon (*A. oxyrinchus*) as long as 800–1200 years ago, recent findings in Lithuania also confirm this (Ludwig et al., 2002; Paper III). Therefore, it is much easier and cheaper to get eggs and juveniles for a successful start of reintroduction of *A. oxyrinchus*.

In XX century, several *A. oxyrinchus* individuals were recorded in the northern part of the Atlantic and in the Baltic Sea. Two sturgeons were caught in the Northern Sea near German coasts in 1985 and 1989 (Debus, 1995), and one individual near Danish coasts in 1994 (Timmermanns and Melchers, 1994). Two Sturgeons (*A. sturio*) juveniles were caught in the Lower Rhine in

1992 (Volz and De Groot, 1992). In the same year, one Sturgeon (*A. sturio*) was caught in the Lower Guadalquivir, Spain (Elvira and Almodovar, 1993). In May 1996, a mature female (290 cm long, 136 kg weight, with eggs weighing 28 kg) was caught in the Estonian territorial waters of the Baltic Sea (Paaver, 1999).

*A. oxyrinchus* is a migratory species. It can withstand a very high salinity of sea water (35‰), at least the Atlantic Ocean's population. Ladoga and Onega lakes inhabit freshwater forms of the species. Adaptation to high salinity proceeds slowly. Magnin (1962) indicates that 2-year-old individuals can withstand 3 to 8‰ salinity, but die in full sea water, whereas 4-year-olds can be released directly into 33‰ salinity water. Sturgeons grow very rapidly. Scientific literature indicates that sturgeons live up to the age of 100 and can reach 5 m length and 400 kg weight (Froese and Pauly, 2001). Males become mature at the age of 7–9, and females at 8–14. Sturgeons can perform long-distance (up to 1000 km) spawning migrations to the high reaches of rivers. They spawn on rock or gravel substrate in June when water temperature goes up to 14 °C. After spawning individuals return to the sea. Fecundity rate reaches 0.2–5.7 million eggs. Juveniles spend their first year of life in rivers. In the sea, sturgeons migrate considerably less and can be met at a depth of up to 100 m. Usually they hold on the continental shelf and move along the coast. The larvae of aquatic insects and the worms – polychaetes and oligochaetes – are the main food of young *A. oxyrinchus* in freshwaters (Bogacka-Kapusta et al., 2011). In estuaries and seas, sturgeons feed on larvae and worms (*Capitella* sp., *Clymenella* sp., *Glycinde* sp., *Limnodrilus* sp., *Nereis* sp., *Pherusa* sp., *Scolecopelides* sp.), crustaceans (*Crangon* sp., *Gammarus* sp., *Gilvossius* sp., *Pinnixia* sp., *Squilla* sp., *Politolana* sp., *Upogebia* sp.), molluscs and small fish (*Ammodytes* sp., *Mallotus* sp., *Microgadus* sp.).

As the Gironde River basin is the only place in Europe where *A. sturio* lives and irregularly breeds (Rochard et al., 1990; Lepage and Rochard, 1995; Williot et al., 1997), the restoration and enlargement of a small population (consisting of merely several thousand of individuals) was started by Cemagref aquaculturists team from Bordeaux, France, in 1990 (Williot et al., 1997; Williot et al., 2000). After 1988, it was only as late as in May 1995 that the first record of natural spawning of *A. sturio* was made in the Gironde River. A mature female and a mature male were caught in the lower reaches of the river (Anon, 1995). These individuals were artificially spawned, and the young were released into the Gironde River tributaries: Garonne and Dordogne rivers. About 2000 artificially propagated sturgeon juveniles were

released into the Gironde River, while others were reared under artificial conditions. The latter are still kept in laboratory conditions for the purpose of forming a proper spawning stock (Williot et al., 1997). An analogous sturgeon population restoration plan is considered to be initiated in Spain (Elvira et al., 1991). Analysis of historical data showed that Atlantic sturgeons were most frequently encountered in the Nemunas basin and its major tributaries – Neris, Shchara, Merkys, and Šventoji (Virbickas, 1992; Ivanauskas ir kt., 1956).

Sturgeon reintroduction is an issue of consideration in Lithuania, too. In Lithuania, *A. oxyrinchus* is being reintroduced since 2011. Fish raised in the CRS are annually released into the Šventoji and Neris rivers. On the initiative of Nature Research Centre's researchers, the programme for the restoration of Atlantic sturgeon (*A. oxyrinchus*) population in Lithuanian waters was prepared in 2010 (Kesminas et al., 2010). The programme was presented at an international sturgeon restoration conference in Berlin in 2011 (Kesminas et al., 2011). The FS under MARL uses this programme for the implementation of Atlantic sturgeon population restoration works in Lithuania. With regard to historical data, ecological state of rivers, free migration routes and proper ecological conditions, sturgeon reintroduction is pursued in the Neris and Šventoji rivers (Program of *A. oxyrinchus* reintroduction in Lithuania in years 2012–2020).

The Atlantic sturgeon (*A. oxyrinchus*) is considered to be a local species in Lithuania. Its conservation status is RE. One of the most important documents issued recently is the Action Plan for the protection and recovery of Baltic sturgeon, the preparation of which was initiated by Helsinki Commission (HELCOM) in 2019 (Gessner et al., 2019).

In this dissertation, it was determined which sturgeon species naturally lived and spawned in Lithuanian waters. It was experimentally observed how transportation affects fish, if fish suffer stress, and how long stress condition persists. Investigations of migration intensity in individuals of different age groups of Atlantic sturgeons were conducted in large Lithuanian rivers, Neris and Šventoji, as well as migration speed and distribution were surveyed in the Curonian Lagoon and in the littoral zone of the Baltic Sea. The main sturgeon juvenile accumulation sites were determined and identified and bycatch shares for traps and nets were estimated.

For successful implementation of species restoration programmes, it is important not only to monitor fish survival and adaptation to environmental conditions but also to investigate the genetic diversity of individuals raised in captivity. Molecular markers such as microsatellites are among the best tools

used in monitoring genetic diversity. They allow successful identification of species and comparison of genetic diversity between individuals and populations and provide grounds for further and successful implementation of species recovery programmes (Chauhan and Ravij, 2010).

Genetic and karyotype analysis revealed that the Acipenseridae family originated from the common tetraploid ancestor. Representatives of this family distinguish by a large set of chromosomes (120 or 240). Different investigations have not detected any great evolutionary karyotype changes among four genera of Acipenseridae. This explains slow evolution of DNA sequences and of sturgeons themselves (Birstein et al., 1997).

Because of great genetic similarity, Acipenseridae family species can easily hybridise with each other (Billard and Lecointre, 2001). Therefore, great morphological similarities occur between some species and they can be identified only with the help of molecular methods. *Acipenser oxyrinchus* and *Acipenser sturio* can be regarded as such species. Though the latter species split 58 million years ago (Peng et al., 2007), for a long time they have been regarded as subspecies of one species – *Acipenser sturio* (Birstein and Doukakis, 2000).

Species discrimination of tissue samples of unknown or doubtful origin can be confirmed or determined using molecular markers. In case of investigation of museum or fossil tissue samples, mitochondrial DNA (mtDNA) markers are often used. The non-coding area of mtDNA sequence, the so-called control region, is particularly easy to use for investigating inter- and intra-specific genetic diversity (Ragauskas et. al., 2011).

During transportation, fish always suffer from a small or larger stress. Capability to react to stress is a vitally important feature of each living organism. Long-lasting stress can have a harmful effect on the organism's physiological processes, its survival and general condition (Galhardo and Oliveira, 2009). Stress is a non-specific response to any action that can cause anxiety in fish. Stress condition can be short-term or persist for a long time. The longer the stress, the more difficult for the organism to compensate for the harm caused. Therefore, long-lasting stress can cause physiological changes or even death of the organism (Witeska, 2005).

Sturgeons are among the oldest fishes existing on the Earth; therefore, their response to stressors can differ from that of other fishes. Haematological indices of fish are among the key parameters describing individual's health and its functional state. From haematological indices we can judge about the environment the fish lives in, if the environment is suitable, if it is free from

harmful substances or other factors that can adversely affect the organism. Haematological indices are particularly important in determining different pathological changes.

### 1.1 The novelty of the research

The novelty of this study consists of the following first-time reported findings:

1. The mtDNA D-loop haplotypes of sturgeon samples caught in Lithuania and stored in the Kaunas Tadas Ivanauskas Zoology Museum determined. The haplotypes determined were found to overlap with the most frequent haplotype H1 characteristic of Atlantic sturgeon (*A. oxyrinchus*). Earlier these individuals were considered to belong to another species – Sturgeon (*A. sturio*).
2. For the first time in Lithuania genotyping was made in thirteen microsatellite loci of juveniles (0<sup>+</sup>) Atlantic sturgeons, which had been reared from eggs obtained from Canada and Germany and released into Lithuanian rivers to follow the survival of fish of different origin.
3. For the first time experimentally determined that upon exposure of *A. oxyrinchus* juveniles (1<sup>+</sup>) to a stressor (transportation), fish blood indices recovered after 24 hours.
4. The migration of released juveniles (0<sup>+</sup>, 1 and 1<sup>+</sup>) of *A. oxyrinchus* in Lithuanian rivers (Nemunas, Neris and Šventoji) was investigated for the first time.
5. The migration of *A. oxyrinchus* and its distribution in the Curonian Lagoon and in the coastal areas of the Baltic Sea were investigated using external Floy-Tag type tags for the first time.
6. A commercial fisheries interview was conducted to the effect of commercial fishing on *A. oxyrinchus* catches in the Curonian Lagoon and in the coastal areas of the Baltic Sea was conducted for the first time.
7. The main detection sites of *A. oxyrinchus* in the Curonian Lagoon and in the coastal areas of the Baltic Sea were determined and sturgeon bycatch shares in traps and gillnets were estimated for the first time.



## 1.2 The scientific and practical significance

The theoretical and practical significance of this study lies in the following:

1. Genetic investigations revealed that the sturgeons exhibited and stored in the repositories of the Kaunas Tadas Ivanauskas Zoology Museum of Zoology earlier identified as *A. sturio* are *A. oxyrinchus*.
2. Genotyping of microsatellite loci of artificially hatched sturgeons will allow to identify *A. oxyrinchus* individuals returning to their spawning grounds by hatcheries in the future.
3. The results of *A. oxyrinchus* migration study from Lithuanian rivers to the Curonian Lagoon and to the Baltic Sea as well as distribution of this species in these waters are important for determining spatial distribution of this species in Lithuanian waters.
4. The identification of the main detection sites of *A. oxyrinchus* in the Curonian Lagoon and in the coastal areas of the Baltic Sea will allow protecting such sites from negative effects of commercial fishing in future.
5. The data obtained are valuable in preparing an *A. oxyrinchus* reintroduction management plan and improving the sturgeon breeding and rearing strategy in Lithuania, as well as in implementing this species' reintroduction programme within the HELCOM Action Plan.

## 1.3 The aim and objectives of the thesis

This thesis aims to determine the species dependence of sturgeons exhibited at the Kaunas Tadas Ivanauskas Zoology Museum, to investigate the migration, their mortality in the big rivers of Lithuania and distribution of Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus* Mitchill, 1815) in the Curonian Lagoon and in coastal areas of the Baltic Sea with a view to restoring their populations.

#### 1.4 The objectives of the research are as follows:

1. To perform genetic investigations of sturgeons that are exhibited in the Kaunas Tadas Ivanauskas Zoology Museum and in 2015–2017 years reintroduced *A. oxyrinchus* juveniles.
2. To assess the effect of transportation on blood indices of *A. oxyrinchus*.
3. To investigate the migration and mortality of released juveniles (0<sup>+</sup>, 1 and 1<sup>+</sup>) *A. oxyrinchus* in the Nemunas, Neris and Šventoji rivers.
4. To determine the main *A. oxyrinchus* juvenile detection places in the Curonian Lagoon and in coastal areas of the Baltic Sea, as well as assess bycatch of these fish in different commercial fisheries gears.
5. To assess the distribution of *A. oxyrinchus* juveniles in the Curonian Lagoon and in coastal areas of the Baltic Sea.

#### 1.5 Statements to be defend

1. The sturgeons exhibited in and stored in repositories of the Kaunas Tadas Ivanauskas Zoology Museum and earlier erroneously identified as *A. sturio* are *A. oxyrinchus*.
2. The genotyping of microsatellite loci in released *A. oxyrinchus* allows identifying and assigning fish by hatcheries they were hatched in.
3. The blood indices of stocked *A. oxyrinchus* juveniles exposed to transportation are recovered after 24 hours.
4. The mortality of *A. oxyrinchus* juveniles (1 and 1<sup>+</sup>) stocked into rivers reaches to 20% (first 3 months) and acclimatization is fast (up to 24 hours).
5. The speed of migration of juveniles (0<sup>+</sup>) *A. oxyrinchus* from the release point to the mouth of the Šventoji river is close to the current speed of this river.
6. *A. oxyrinchus* juveniles migrate alone and do not form migration shoals which are typical for many migratory fish species.
7. The main detection locations of *A. oxyrinchus* juveniles are in the central part of the Curonian Lagoon.
8. *A. oxyrinchus* juvenile bycatch in traps is approximately two times lower than in gillnets in the Curonian Lagoon, and approximately nine times lower in gillnets in the Baltic Sea.

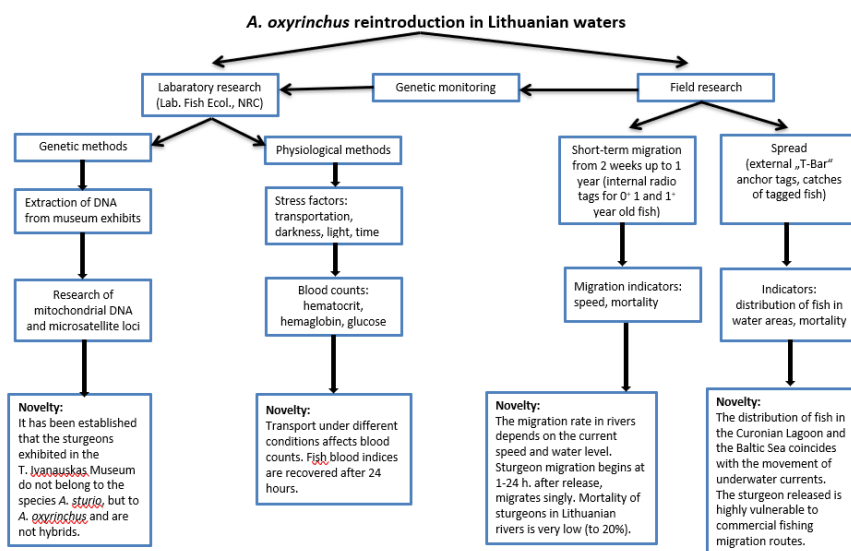
## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Study design

A more exhaustive information about the research material and methods used is presented in each publication (I–V).

Investigations were carried out with one species juveniles – Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*).

A simplified scheme of the experimental project and the key methods used in this work are presented in Figure 1.



**Fig. 1.** Scheme of the thesis experimental design.

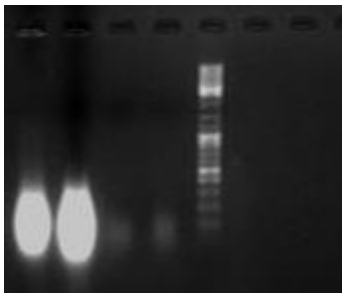
*1 pav. Disertacijos tyrimų schema.*

### 2.2. Genetic investigations of sturgeons (Publication III)

Genomic DNA was extracted from the tissue samples of museum sturgeons by using a universal method of DNA extraction from different tissues (Aljanabi and Martinez, 1997). For the extraction of genomic DNA, about 100 mg (1 cm<sup>3</sup>) of dried and preserved pectoral fin tissue were taken. The tissue was homogenized at 400 µl sterile homogenisation saline buffer by mechanical rubbing for 10 min. Then, 40 µl of 20% SDS (final concentration 2%) and 8 µl of 20 mg/ml proteinase K (final concentration 400 µg/ml) were

added and mixed. The samples were incubated at 55–65 °C temperature over the night. Then, 300 µl of 6 M NaCl solution were added to each sample. The samples were shaken at a maximum speed for 30 s, then test-tubes were centrifuged for 30 min at a speed of 10000 RPMg. Supernatant was poured into clean test-tubes. Together and in equal portions with supernatant, isopropanol was added to each test-tube, and everything was mixed well. The samples were incubated at 20 °C temperature for an hour. Then the samples were centrifuged at a speed of 10000 RPM for 20 min at 4 °C temperature. Sediment deposited was washed with 70% ethanol, dried and dissolved in 300 µl of sterile dH<sub>2</sub>O.

The amount and quality of extracted DNA were measured by performing electrophoresis in 1.7% agarose gel (Fig. 2). The DNA extracted from sturgeon pectoral fins was fragmented, but of adequate quality and concentration to expect amplification on its basis of small fragments of the mtDNA control region by using primers created for investigation of museum specimens (Popovic et al., 2014).



1 2 3 4 5

**Fig. 2.** Measurement of the quality of DNA extracted from two stuffed sturgeons stored at the KZM by performing electrophoresis in 1.7% agarose gel (wells 1 and 2 – DNA extracted from sturgeon pectoral fins; wells 3 and 4 – DNA extracted from sturgeon dorsal bony plate; well 5 – DNA length marker Gene Ruler™ 100 bp DNA Ladder).

**2 pav.** DNR, išskirtos iš dviejų KZM saugomų eršketų iškamšų, kokybės įvertinimas atlikus elektroforezę 1,7% agarozės gelyje (1 ir 2 šulinėliuose – DNR, išskirta iš eršketų krūtinės pelekų; 3 ir 4 šulinėliuose DNR pavyzdžiai, išskirti iš eršketo nugarinės kaulinės plokštelės; 5 šulinėlyje DNR ilgio žymuo Gene Ruler™ 100 bp DNA Ladder).

In order to determine species discrimination of two museum sturgeons, control region markers HETERO1 and HETERO2 were chosen, and a 185 bp long fragment was amplified with the help of the markers (Table 1).

**Table 1.** Primers used for amplification of mtDNA control region partial fragments in Atlantic sturgeons

*1 lentelė. Pradmenys, naudoti aštriašnių eršketų mtDNR kontrolinio regiono dalinių fragmentų pagausinimui*

Species	Region	Pair	Primer sequences (5'-3')	T °C	Base pair
<i>Acipenser oxyrinchus</i>	D-loop	HETERO1	ACCCTTAACTCCCAAAG	52	196
		HETERO2	CATTTAATGGTAGATGAAAC	52	

The amplification of DNA sequences was performed by thermocycler Mastercycler Gradient produced by Eppendorf. The volume of reaction was 25 µl per sample. PCR mixture was arranged according to recommendations of Thermo Fisher Scientific (Lithuania). The reaction of amplification of sequences was carried out in a 40 times repeating cycle: the initial step of denaturation at 95 °C temperature for 5 min, further denaturation at 95 °C for 30 s, hybridization of primers at 52 °C for 25 s (depending on primers), DNA chain synthesis at 72 °C for 25 s, and the final step of extension at 72 °C for 5 min.

The successfully amplified mtDNA control region fragments of both museum sturgeons were prepared for sequencing by using a mixture of exonucleases: 5 µl of amplifier was mixed with 1 u FastAP (MBI Fermentas, Lithuania) and 10 U exonuclease I (MBI Fermentas, Lithuania), and the mixture obtained was warmed at 37 °C for 15 min and at 85 °C for 15 min by using a device designated for PCR. After this procedure, samples were presented for sequencing.

The sequencing of amplified mtDNA control region fragments was performed at the Sequencing Centre of the Institute of Biotechnology by using purified PCR products, HETERO1 and HETERO2 primers, Big-Dye® Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, USA), and 3130xl Genetic Analyzer (Applied Biosystems, USA).

In order to determine species discrimination of two sturgeon individuals stored in the KZM, a comparative analysis of the determined DNA sequences of control region fragments was performed. For that purpose, using BLAST as a tool for finding the most similar sequences in the GenBank database, the control region sequences of *Acipenser sturio* and *Acipenser oxyrinchus*

(*Acipenser sturio* FN256383, *Acipenser sturio* AJ428274, *Acipenser sturio* FN256380, and *Acipenser* sp. EBD8174) as well as *Acipenser oxyrinchus* 2014 haplotype H1, H3, H4, H5, H7 sequences (Popovic et al., 2014) were chosen. The sequences chosen were compared with homologous sequences of the control region of museum sturgeons determined during this research and it was found that nucleotide sequences of the control region of both museum sturgeons (Mus.\_specimen\_Z142651031\_1A and Mus.\_specimen\_Z142651033\_2A) overlapped by 100% with *Acipenser oxyrinchus* 2014 haplotype H1 sequence.

### 2.3. Telemetric investigations of fish migration of *A. oxyrinchus* juveniles (Publication II)

In 2014, telemetric investigations of the Atlantic sturgeon were carried out using implanted radio tags NTQ-2 (Lotek Wireless Inc.) (size 5×3×10 mm, weight 0.31 g, signal frequency 5 sec, enclosed with a surgical plaster capsule, battery lifetime 11 days), which are surgically implanted into the intraperitoneal cavity of fish. In 2015, a little larger and considerably more powerful radio tags NTQ-3-2 were use (size 6×4×16 mm, weight 1.10 g, signal frequency 5 sec, enclosed with a surgical plaster capsule, battery lifetime 12 days). The strength of the signal of the latter radio tags was more suitable for fieldwork.

During radio tag implantation, sturgeons were anesthetized with 2- phenoxy ethanol solution (0.5 ml/l). The incision was sutured with a 4/0 tick Polyglactin VICRYL® absorbable surgical thread and then treated with antiseptic aqueous 2% solution of Methylrosanilini chloridum. Surgery took about 2–4 min (Fig. 3). After implantation, fish were immediately transferred to water tanks where their recovery after anesthesia took about 20–30 min. After surgery, all fish were kept in water tanks for 3 days and regularly checked for infection. No infection was noticed in any tagged fish, incisions closed perfectly, and all sturgeons survived tagging procedure in 2014 and 2015. The data on fish tagged in 2014 and 2015 are presented in Tables 2, 3 and 4.

**Table 2.** Fish length L (cm), fish length l (cm), weight Q (g) and radio tag frequency of sturgeons released into Radiškis riffle in the Šventoji River in 2014

*2 lentelė. Šventosios upėje 2014 metais Radiškio rėvoje išleistų eršketų ilgis L (cm), ilgis l (cm), svoris Q (g) ir radijo žymeklio dažnis*

Nr.	L (cm)	l (cm)	Q (g)	Radio tag frequency
1.	18.5	14.0	21.1	151.50
2.	18.0	13.5	19.1	151.89
3.	19.5	15.0	22.5	160.40
4.	17.5	13.0	17.5	166.30
5.	19.5	15.0	24.8	166.32
6.	18.5	14.0	19.5	166.34
7.	18.5	14.5	21.3	166.36
8.	20.5	13.5	27.1	166.62
9.	17.5	13.5	18.0	167.38
10.	18.0	13.5	21.0	173.85
<b>Average ± SD</b>	<b>18.6±1.0</b>	<b>13.9±0.7</b>	<b>21.1±3.1</b>	-----

**Table 3.** Fish length L (cm), fish length l (cm), weight Q (g) and radio tag frequency of fish released into the Šventoji River by Zujai in 2014

*3 lentelė. Šventosios upėje ties Zujais 2014 metais išleistų žuvų ilgis L (cm), ilgis l (cm), svoris Q (g) ir radijo žymeklio dažnis*

Nr.	L (cm)	l (cm)	Q (g)	Radio tag frequency
1.	17.0	13.0	16.0	151.50
2.	18.0	13.5	20.0	151.89
3.	17.0	13.0	16.1	160.40
4.	16.9	13.6	17.9	166.30
5.	18.4	14.2	22.4	166.32
6.	19.5	15.0	26.1	166.34
7.	19.0	14.5	23.0	166.36
8.	19.0	14.5	23.2	166.62
9.	19.5	15.0	25.8	167.38
10.	19.0	15.0	24.6	173.85
<b>Average ± SD</b>	<b>18.3±0.9</b>	<b>14.1±0.7</b>	<b>21.5±3.4</b>	-----

**Table 4.** Length L (cm), fish length l (cm), weight Q (g) and radio tag frequency of fish released into the Šventoji River by Zujai in 2015

*4 lentelė. Šventosios upėje ties Zujais 2015 metais išleistų žuvų ilgis L (cm), ilgis l (cm), svoris Q (g) ir radijo žymeklio dažnis*

<b>Nr.</b>	<b>L (cm)</b>	<b>l (cm)</b>	<b>Q (g)</b>	<b>Radio tag frequency</b>
<b>1.</b>	18.0	13.5	21.1	150.38
<b>2.</b>	18.5	14.0	20.2	150.60
<b>3.</b>	19.5	14.0	22.8	151.38
<b>4.</b>	18.5	14.0	22.6	151.50
<b>5.</b>	19.0	14.0	24.4	151.60
<b>6.</b>	18.5	14.0	24.6	151.89
<b>7.</b>	19.0	14.0	22.1	160.40
<b>8.</b>	19.5	14.5	21.6	164.20
<b>9.</b>	20.5	13.5	20.5	166.30
<b>10.</b>	23.5	19.0	26.5	166.32
<b>11.</b>	19.0	14.0	22.0	166.34
<b>12.</b>	19.0	14.0	22.3	166.38
<b>13.</b>	19.0	14.0	25.5	166.42
<b>14.</b>	20.0	15.0	25.6	166.52
<b>15.</b>	18.0	13.5	21.4	166.54
<b>16.</b>	20.5	15.0	28.1	166.58
<b>17.</b>	18.0	13.0	19.1	166.62
<b>18.</b>	18.5	13.5	22.0	166.69
<b>19.</b>	19.5	14.5	25.7	167.38
<b>20.</b>	18.5	13.5	22.0	173.85
<b>Average ± SD</b>	19.2±1.2	14.2±1.2	23.0±2.3	-----

On 27 October 2014, all tagged fish were released into the Šventoji River by Radiškis riffle (N 55.336016, E 24.892714) and by Zujai settlement (N 55.28354 E 24.85395). Tagged fish were tracked with portable radio receivers (Biotrack Ltd. Sika®). Each tag had a unique radio frequency and signal duration code; therefore, each tagged fish could be easily identified during the entire lifetime of the transmitter.





**Fig. 3.** Radio tag implantation into an Atlantic sturgeon  
*3 pav. Radijo žymeklio implantacija aštriašnipiam eršketui*

Telemetric investigations of Atlantic sturgeons juveniles (1 and 1<sup>+</sup>) were carried out using implanted radio tags NTQ-6-2 (Lotek Wireless Inc.) (size 9.1×30.1 mm, weight 4.5 g, signal frequency 5 sec, enclosed with a surgical plaster capsule, battery lifetime 210 days), which were surgically implanted into the intraperitoneal cavity of fish. Atlantic sturgeons grown in Lithuania were tagged. Fish were anesthetized with 2-phenoxy ethanol solution (0.5 ml/l). Incisions were sutured with a 3/0 tick Polyglactin VICRYL® absorbable surgical thread and then treated with a mixture of Orahesive® (“temporary” dental filling) and an antibiotic. Such mixture protected the incision and reduced a possibility of infection for several days. Surgery took about 5 min (Fig. 4). After implantation, fish were immediately transferred to water tanks where their recovery after anesthesia took about 20–30 min. After surgery, all fish were kept in water tanks for 7 days and regularly checked for infection. No infection was noticed in any tagged fish, and incisions closed perfectly.



**Fig. 4.** Incision suturing after radio tag implantation into an Atlantic sturgeon  
*4 pav. Pjūvio susiuvimas po radijo žymeklio implantacijos aštriašnipiam eršketui*

On 6 June 2013, all tagged fish were released into the Šventoji River near Upninkai (N 55.093559, E 24.530631) and into the Neris River near Vievis (N 54.788738, E 24.89724). Tagged fish were tracked with portable (Biotrack Ltd. Sika®) and stationary (Lotek SRX-400®) radio receivers able to receive encoded radio signals. Each tag had a unique radio frequency and signal duration code; therefore, each tagged fish could be easily identified during the lifetime of the receiver. Duplicated automated stationary receiver stations were positioned in the Neris and Nemunas rivers in three places: in Rusnė town (N 55.295174, E 21.380777), in Vilkija town (N 55.036602, E 23.582003) and downstream of Jonava town (N 55.062207, E 24.231751). Such stationary stations registered tagged fish which fell into the “link” zone during the period of investigation. Data from automated stationary stations were regularly recorded on a portable computer and analysed in the laboratory. A total of 20 Atlantic sturgeons were tagged during the period of investigation. The data on tagged fish are presented in Tables 5 and 6 (together with sturgeons tagged in 2012).

**Table 5.** Length L (cm), fish length l (cm), weight Q (g), external tag number and radio tag frequency of sturgeons (1 and 1<sup>+</sup>) released into the Neris River

*5 lentelė. Neries upėje išleistų eršketų (1 ir 1<sup>+</sup>) ilgis L (cm), ilgis l (cm), svoris Q (g), išorinio žymeklio numeris ir radijo žymeklio dažnis*

<b>2012 year</b>					
<b>Nr.</b>	<b>L (cm)</b>	<b>l (cm)</b>	<b>Q (g)</b>	<b>External tag number</b>	<b>Radio tag frequency</b>
<b>1.</b>	56.5	38.9	925	00719	171.054
<b>2.</b>	47.1	36.2	475	00066	171.230
<b>3.</b>	55.6	37.1	841	00721	171.110
<b>4.</b>	58.3	38.4	1000	00717	171.170
<b>5.</b>	55.4	35.9	887	00720	171.190
<b>Average ± SD</b>	<b>54.5 ±4.3</b>	<b>37.3 ±1.3</b>	<b>825.6 ±204.4</b>	–	–
<b>2013 year</b>					
<b>1.</b>	49.5	36.9	550	00754	173.256
<b>2.</b>	43	33.5	300	00739	171.666
<b>3.</b>	48.5	35.7	350	00749	173.757
<b>4.</b>	45	34.3	350	00744	173.137
<b>5.</b>	52	39.2	500	00737	171.036
<b>6.</b>	44.5	33.5	250	00775	173.465
<b>7.</b>	48.5	36.6	400	00740	173.288

**Table 5, continuation.** Length L (cm), fish length l (cm), weight Q (g), external tag number and radio tag frequency of sturgeons (1 and 1<sup>+</sup>) released into the Neris River *5 lentelės tęsinys. Neries upėje išleistų eršketų (1 ir 1<sup>+</sup>) ilgis L (cm), ilgis l (cm), svoris Q (g), išorinio žymeklio numeris ir radijo žymeklio dažnis*

<b>8.</b>	52.5	39.5	500	00759	173.077
<b>9.</b>	45	34.4	300	00769	171.057
<b>10.</b>	50	37.5	500	00742	173.227
<b>Average ± SD</b>	<b>47.8 ±3.3</b>	<b>36.1 ±2.2</b>	<b>400 ±105.4</b>	–	–

**Table 6.** Fish length L (cm), fish length l (cm), weight Q (g), external tag number and radio tag frequency of sturgeons (1 and 1<sup>+</sup>) released into the Šventoji River *6 lentelė. Šventosios upėje išleistų žuvų (1 ir 1<sup>+</sup>) ilgis L (cm), ilgis l (cm), svoris Q (g), išorinio žymeklio numeris ir radijo žymeklio dažnis*

<b>2012 year</b>					
<b>Nr.</b>	<b>L (cm)</b>	<b>l (cm)</b>	<b>Q (g)</b>	<b>External tag number</b>	<b>Radio tag frequency</b>
<b>1.</b>	52.6	40.1	664	00026	170.00
<b>2.</b>	54.1	41.0	756	00712	171.25
<b>3.</b>	47.2	35.5	527	00050	171.21
<b>4.</b>	42.9	32.9	356	00027	171.13
<b>5.</b>	55.4	38.8	887	00077	171.15
<b>Average ± SD</b>	<b>50.4 ±5.2</b>	<b>37.6 ±3.3</b>	<b>638 ±205.2</b>	–	–
<b>2013 year</b>					
<b>1.</b>	48.5	36.7	450	00745	173.406
<b>2.</b>	53	41.3	550	00750	173.375
<b>3.</b>	51	40.7	550	00735	171.686
<b>4.</b>	48.5	36.7	400	00767	173.166
<b>5.</b>	50	38.0	400	00747	173.197
<b>6.</b>	51	38.2	430	00746	173.106
<b>7.</b>	48	35.9	350	00768	173.346
<b>8.</b>	49	36.7	450	00751	173.316
<b>9.</b>	51	39.9	370	00761	171.017
<b>10.</b>	49.5	37.6	450	00755	171.706
<b>Average ± SD</b>	<b>49.9 ±1.5</b>	<b>38.1 ±1.8</b>	<b>440 ±67.3</b>	–	–

In 2013, migration of radio tagged sturgeons was observed and data on catches of sturgeons with external radio tags (*Floy Tag*) were collected.

## 2.4. Transportation effect on *A. oxyrinchus* according to haematological parameters (Publication I)

The transportation effect on Atlantic sturgeons was investigated according to the following haematological parameters: hematocrit level (Hct, l/l), haemoglobin concentration (Hb, g/L), red blood cell count (RBC,  $\times 10^6/\text{mm}^3$ ), white blood cell count (WBC,  $\times 10^3/\text{mm}^3$ ) and glucose concentration (GLU, mmol/L). The following water parameters were also measured: oxygen amount (%), water temperature (T), its hardness, pH,  $\text{NO}_2$  and  $\text{NH}_4$ .

Hematocrit was calculated according to the following formula:

$$\text{Hct (l/l)} = \frac{\text{Red blood cell volume}}{\text{Total blood volume}}$$

For our experiment we used Atlantic sturgeon eggs that came from Poland and were raised up to the young-of-the-year stage at the Western Region Pisciculture Division of the FS of the MARL.

In November 2014, the young-of-the-year were transported to the Laboratory of Fish Ecology of Nature Research Centre and released into tanks. Fish weight ranged within 3–8 g, and body length was in the range of 9–12 cm.

Within several minutes fish were taken out of the aquarium or the sack and dried. Fish blood was collected as soon as possible to avoid additional stress for fish. Blood was collected from caudal blood vessels (caudal vein) with a heparinised syringe or glass pipette. Blood from a syringe or pipette was poured out into a plastic bag with small holes through which aqueous heparin solution was dropped in to avoid quick coagulation of blood. Each blood samples were appropriately marked to know which fish it belongs to. All fish survived the procedure.

The digital expression of hematocrit is the ratio of red blood cell volume to total blood volume. Hematocrit was measured with special 5–7.5 cm long hematocrit capillaries. Hematocrit capillaries were filled with blood (approximately 2/3 their length). Capillary ends were filled with special substance to prevent overflow of blood during centrifugation. Capillaries were centrifuged in a special apparatus (Hematokrit 200) for about 3–4 min. After centrifugation, a special scale was used to measure red blood cell volume and total blood volume. The digital value obtained was multiplied by coefficient

0.01. Glucose concentration was measured by an electrochemical method by determining glucose oxidation products appearing during ferment oxidation of glucose.

## 2.5. Survey-based assessment of recapture data for Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*) in Lithuanian fisheries (Publication IV)

All fishing companies and fishermen (hereafter, fisheries) that operated in the Curonian Lagoon and Baltic Sea coastal zone (up to 20 meters deep) and performed commercial fishing operations during the 2014–2018 period was selected from the fisheries database. During of one month attempts to contact every single fishery up to five times (if calls unanswered) were carried out during two periods in winter and spring 2019. From 94 registered fishing enterprises that performed commercial fishing activity between 2014 and 2018, 86 were still operational during the survey time. Contact was made with 78 respondents, with 60 interviewees agreeing to be questioned, representing 78.0% of the total catch in the Curonian Lagoon and 91.3% in the Baltic Sea during the 2014–2018 period. Survey results from the Curonian Lagoon and the Baltic Sea were separated. Fisheries that operated in both water bodies were asked to provide separate information for each water body. All survey data were processed in accordance with personal data protection legislation. A relatively short survey consisting of 18 questions was drafted to avoid long interviews that could possibly hinder the survey (Table 7). The entire survey was conducted via the phone. All survey results were adjusted to represent 100% of total registered fish catch for better data comparison. Numbers were rounded to the nearest whole number when appropriate. The sturgeon bycatch rate was calculated as the amount of catch (kg) per one caught sturgeon specimen (hereafter, sturgeon bycatch). Fish catches using different gear and designated areas where fisheries are allowed to fish were obtained from the Fisheries Agency for the coastal Baltic Sea and from the Environmental Protection Department under the Ministry of Environment for the Curonian Lagoon. All fisheries are obliged to provide fish catch monthly, separately for the Curonian Lagoon and the Baltic Sea. However, regulations do not require separate catches to be specified for every designated fishing area; therefore, spatial analysis was performed only at a large scale.

**Table 7.** Commercial fishermen questionnaire about sturgeon catches.*7 lentelė. Žvejų verslininkų apklausa dėl aštriašnių eršketų sugavimo.*

Nr.	Survey question	Notes
1.	Have you ever caught a sturgeon?	
2.	When did you first catch a sturgeon?	If doubtful, fishermen were asked to provide the year they are confident with.
3.	How many sturgeons did you catch in 2018? Please specify by gear if possible.	If doubtful, fishermen were asked to provide the minimum number.
4.	How many sturgeons did you catch in 2017? Please specify by gear if possible.	If doubtful, fishermen were asked to provide the minimum number.
5.	How many sturgeons have you caught in total during the last 5 years?	If doubtful, fishermen were asked to provide the minimum number.
6.	What is your opinion about sturgeon abundance – is it increasing, decreasing or stable?	
7.	What type of fishing gear usually catches considerably more or most sturgeons? Please provide more details if any.	
8.	Which months/season do you usually catch considerably more or most sturgeons? Please provide more details if any.	If doubtful, fishermen were asked to provide a few months or seasons.
9.	What size sturgeons do you usually catch? Please provide rough estimate (e. g. <0.5 kg, 0.5–1 kg, 1–2 kg, >2kg)	If doubtful, fisherman were asked to give a size range.
10.	What was the biggest sturgeon you have caught?	If doubtful, fisherman were asked to give a rough estimate (e. g. <2kg, 2–5 kg, >5kg)
11.	Where did you usually catch considerably more or most sturgeons? Please provide a short description – e. g. area, depth, substrate.	
12.	Have you ever caught a tagged sturgeon?	
13.	When did you first catch a tagged sturgeon?	If doubtful, fishermen were asked to provide the year they are confident with.

**Table 7, continuation.** Commercial fishermen questionnaire about sturgeon catches.  
*7 lentelės tęsinys. Žvejų verslininkų apklausa dėl aštriasnapių eršketų sugavimo.*

14.	How many tagged sturgeons did you catch in 2018? Please specify by gear if possible.	If doubtful, fishermen were asked to provide the minimum number.
15.	How many tagged sturgeons did you catch in 2017? Please specify by gear if possible.	If doubtful, fishermen were asked to provide the minimum number.
16.	How many tagged sturgeons have you caught during the last 5 years?	If doubtful, fishermen were asked to provide the minimum number.
17.	Could you please describe the appearance of tags that you have encountered – material, shape, colour, type.	
18.	Please provide additional information if any that you consider important about sturgeons in the Baltic Sea basin?	

### 3. RESULTS AND DISCUSSIONS

This section presents the main results of investigation. Detailed results are presented in each publication (I–V).

#### 3.1. Genetic studies of sturgeon caught in Lithuania and exhibited in the Kaunas Tadas Ivanauskas museum (Publication III)

Investigation of *A. oxyrinchus* and *A. sturio* individuals with the same polymorphic microsatellite loci (*AoxC45*, *AoxD54*, *AoxD161*, *AoxD297*, *Aox45*, *AoxD170*, *AoxD188*, *AoxD234*, *AoxD64*, *AoxD242*, *AoxC27*, *AoxC55*, *AoxC30*, *AoxD186*, *AoxD241*, *Ls-68*, *Ls-62*) revealed that allele lengths of both species do not overlap in five microsatellite loci: *AoxC30*, *AoxD297*, *AoxD242*, *AoxD188*, and *AoxD161*. Therefore, these loci could be useful in determining hybridisation of these species (Panagiotopoulou et al., 2014).

The DNA of artificially raised individuals was amplified in 4 microsatellite loci: *AoxC30*, *AoxD297*, *AoxD242*, and *AoxD161*. Table 8 presents the sizes of alleles of these microsatellite loci obtained in this work and the sizes of alleles of *A. oxyrinchus* and *A. sturio* obtained by Panagiotopoulou et al. (2014).

Two museum specimens stored in the KZM were also investigated in these five loci in order to find out if these two individuals could be hybrids of *A. oxyrinchus* and *A. sturio*. The DNA of museum specimen A was successfully amplified in three of five loci: *AoxD188*, *AoxD297* and *AoxD242*. The DNA of museum individual B was successfully amplified in two loci: *AoxD188* and *AoxD297*. The results of allele sizes obtained are presented in Table 8.

**Table 8.** Allele sizes (bp) of five microsatellite loci used to compare *A. oxyrinchus* and *A. sturio*

**8 lentelė.** Penkių mikrosatelitinių lokusių, naudojamų palyginti *A. oxyrinchus* ir *A. sturio* rūšis, alelių dydžiai (bp)

Loci	Allele size in the <i>A. oxyrinchus</i> species	Allele size in the <i>A. sturio</i> species	Alleles sizes of not grown in the wild individuals	Museum individual A allele sizes	Museum individual B allele sizes
<i>AoxD161</i>	126–158	162–170	114–147	–	–
<i>AoxD297</i>	185–353	169–173	183–223	202	195
<i>AoxD242</i>	163–215	243–315	138–192	165	–

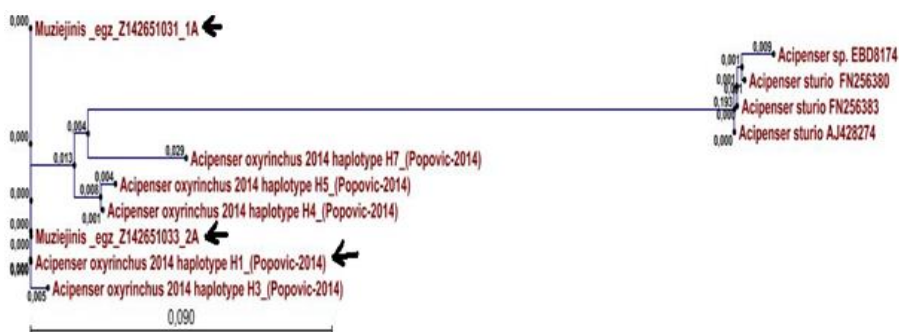


**Table 8, continuation.** Allele sizes (bp) of five microsatellite loci used to compare *A. oxyrinchus* and *A. sturio*

**8 lentelės tęsinys.** Penkių mikrosatelitinių lokusų, naudojamų palyginti *A. oxyrinchus* ir *A. sturio* rūšis, alelių dydžiai (bp)

AoxC30	269–341	257	265–301	–	–
AoxD188	262–354	242–250	–	305	338

Using CLC Sequence Viewer 5.1.1. programme, a neighbour-joining (NJ) dendrogram was constructed on the basis of comparison of DNA sequences used in the investigation (Fig. 5). In the dendrogram, species discrimination of museum sturgeons was determined based on sequence grouping with the sequences of the known species discrimination.



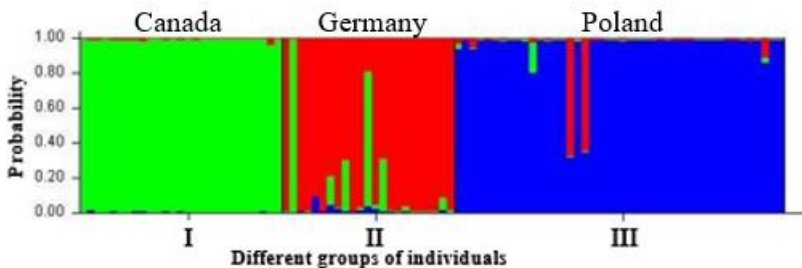
**Fig. 5.** NJ dendrogram constructed based on control region sequences of the European sturgeon (*Acipenser sturio*) and Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*) deposited in the GenBank database (Popovic et al., 2014) and museum specimens of KZM (black arrows indicate the place of sturgeon sequences Muziejinis\_egz\_Z142651031\_1A and Muziejinis\_egz\_Z142651033\_2A and haplotype H1 in the dendrogram).

**5 pav.** GenBank duomenų bazėje deponuotų Atlantinio eršketo (*Acipenser sturio*) ir Aštriašnipio eršketo (*Acipenser oxyrinchus*) (Popovic et al. 2014) nustatytų bei KZM saugomų eršketų muziejinių eksponatų kontrolinio regiono sekų pagrindu sukonstruota NJ dendrograma (juodos rodyklės žymi tiriamųjų eršketų sekų Muziejinis\_egz\_Z142651031\_1A ir Muziejinis\_egz\_Z142651033\_2A ir haplotipo H1 vietą dendrogramoje).

Based on control region sequence grouping into one cluster together with five *A. oxyrinchus* haplotypes in NJ dendrogramme and on separation of this cluster from four different *A. sturio* sequences of a relevant region, we can state that according to this molecular marker the museum specimens should be assigned to *A. oxyrinchus*. Besides, both museum specimens belong to the most widely distributed haplotype H1.

Based on a comparison of 196 nucleotide sequences it was found that haplotype H1 is by 42 mutation steps away from haplotype H9, which is assigned to *A. sturio*. It should be noted that compared with intraspecific sturgeon control region differences, which varied from 1 to 8 substitutes in the investigated fragment of 196 nucleotide sequences, interspecific differences between *A. sturio* and *A. oxyrinchus* were found to be ten times greater.

Further, a comparison of the genetic structure of the studied samples of *A. oxyrinchus* populations was made (Pažusytė, 2015). All three populations were raised in artificial conditions and differed in the origin of parental individuals. The first group was composed of 28 individuals representing an artificial hatchery of Atlantic sturgeons in Canada, the second group of 22 individuals from a hatchery in Germany and the third group of 44 individuals from an analogous farm in Poland. Based on a comparative analysis of the genetic structure of three samples representing different Atlantic sturgeon populations raised in artificial conditions and applying the genotyping data of nine microsatellite loci (*AoxC45*, *AoxD54*, *AoxD161*, *AoxD297*, *Aox45*, *AoxD242*, *AoxC30*, *AoxD186*, and *AoxD241*), the probability values allowing assignment of each individual studied to one of three populations were calculated (calculations and graphical modelling were performed using the Structure 2.3.4 programme). From the diagram in Fig. 6 we can see that all three populations exhibit different genetic structure. It should be noted that the greater part of the colour is covered by an individual, the higher the probability that such individual could be assigned to one of three populations modelled. The results of investigation disclosed that the first population was genotypically homogenous, part of individuals of the second population were genotypically closer to the first population or could be identified as being of hybrid origin, and the greatest part of individuals of the third population (except for two individuals) were also assignable to a separate genetically unique group.

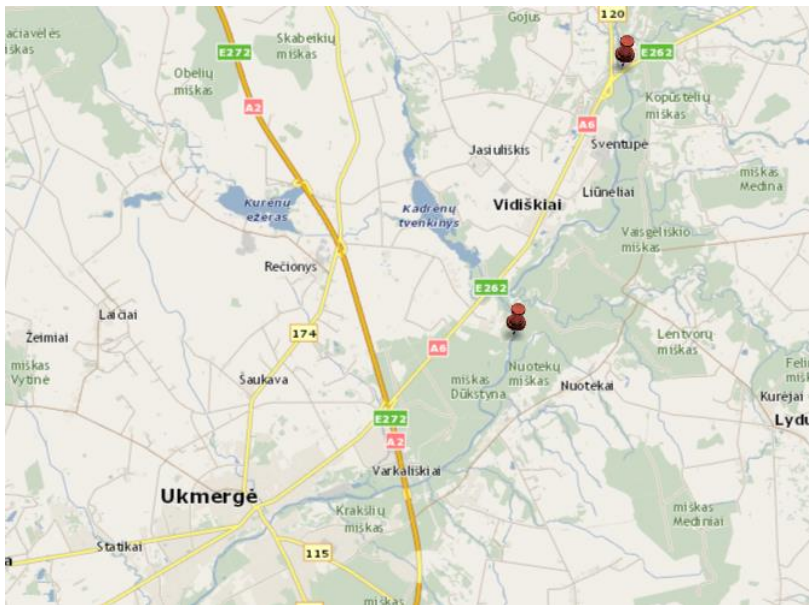


**Fig. 6.** Diagram reflecting a comparison of genetic structure of three different and representing the probability of assignment of individuals to the first (I), second (II) or

third (III) population. 0.984 is the probability with which individuals are assigned to the first population, 0.865 to the second population, and 0.949 to the third population. Each column indicates a separate individual.

**6 pav.** Diagrama atspindi trijų skirtingų populiacijų genetinės struktūros palyginimą ir vaizduoja individų priskyrimo prie pirmos (I), antros (II) ar trečios (III) populiacijų tikimybes. Tikimybė, su kuria individai yra priskiriami pirmajai populiacijai – 0,984, antrajai populiacijai – 0,865, trečiajai populiacijai – 0,949. Kiekvienas stulpelis žymi atskirą individą.

### 3.2. Migration of *A. oxyrinchus* juveniles in Lithuanian rivers (Publication II)



**Fig. 7.** Tagged fish release sites in 2014.

**7 pav.** Žymėtų žuvų išleidimo vietas 2014 metais.

Radio signal speed was 45 signals per min for tagged sturgeons released into Radiškis riffle, and 35 signals per min for those released by Zujai settlement (Fig. 7). Atlantic sturgeon juveniles ( $0^+$ ) were marked with possibly smaller radio tags; therefore, their tracking possibilities were tested in natural conditions. A radio signal highly depends on water conductivity. The higher the conductivity, the lower the strength of the signal. Tests in the Šventoji River showed that in case of 502 582  $\mu\text{S}$  water conductivity the strength of the signal was sufficient to track fish up to 2 m deep; however, in case of a

thicker water layer the signal was heard but not registered by radio stations automatically. Therefore, a mobile sturgeon tracking technique was chosen, i. e. fish tracking was performed actively drifting downstream and from the bank.

Orthophotographs were used to measure migration distance from Radiškis riffle and from the place of release by Zujai settlement up to the lower reaches of the Šventoji River. Migration distance from Radiškis riffle to the lower Šventoji was 57.7 km, and migration distance from the release place by Zujai to the lower Šventoji was 49.1 km.

All 20 tagged sturgeons migrated out of the Šventoji River in 3 days. Sturgeon migration occurred at 3.9–4.9 °C water temperature. None sturgeon died nor became prey of predators. Because of a larger water depth and size of the Neris River, radio signals there were very weak and further migration tracking was impossible. Most of sturgeons (16 from 20) migrated out of the Šventoji in 2 days. The speed of migration of nearly all (16 from 20) sturgeons was close to the average velocity of the Šventoji River flow (0.4 m/s or 1.44 km/h; Table 9) and averaged 1.39 km/h. No sturgeon was recorded migrating upstream. Most of sturgeons started migrating downstream immediately after release, and only 2 tagged individuals were recorded not far from the place of release (0.5 and 0.7 km away) the following day after release.

**Table 9.** Atlantic sturgeon juveniles (0<sup>+</sup>) body length (L), radio tag frequency and migration speed (km/h) up to the river mouth lower Šventoji in 2014 year  
*9 lentelė. Aštriašnipių eršketų šiųmetukų (0<sup>+</sup>) kūno ilgis (L), radijo žymeklio dažnis ir migracijos greitis (km/h) iki Šventosios žiočių 2014 metais*

Nr.	L (cm)	Radio tag frequency	Migration rate km/h
1.	18.5	151.50	1.58
2.	18.0	151.89	1.44
3.	19.5	160.40	1.53
4.	17.5	166.30	1.57
5.	19.5	166.32	1.01
6.	18.5	166.34	1.65
7.	18.5	166.36	1.33
8.	20.5	166.62	1.42
9.	17.5	167.38	1.50
10.	18.0	173.85	1.51
11.	17.0	151.50	1.62

**Table 9, continuation.** Atlantic sturgeon juveniles (0<sup>+</sup>) body length (L), radio tag frequency and migration speed (km/h) up to the river mouth lower Šventoji in 2014 year

*9 lentelės tęsinys. Aštriaišnapių erškėtų šiųmetukų (0<sup>+</sup>) kūno ilgis (L), radijo žymeklio dažnis ir migracijos greitis (km/h) iki Šventosios žiočių 2014 metais*

<b>12.</b>	18.0	151.89	1.37
<b>13.</b>	17.0	160.40	0.79
<b>14.</b>	16.9	166.30	1.49
<b>15.</b>	18.4	166.32	1.56
<b>16.</b>	19.5	166.34	1.49
<b>17.</b>	19.0	166.36	1.61
<b>18.</b>	19.0	166.62	0.92
<b>19.</b>	19.5	167.38	1.46
<b>20.</b>	19.0	173.85	0.97
<b>Average ± SD</b>	<b>18.47±0.9</b>	–	<b>1.39±0.2</b>

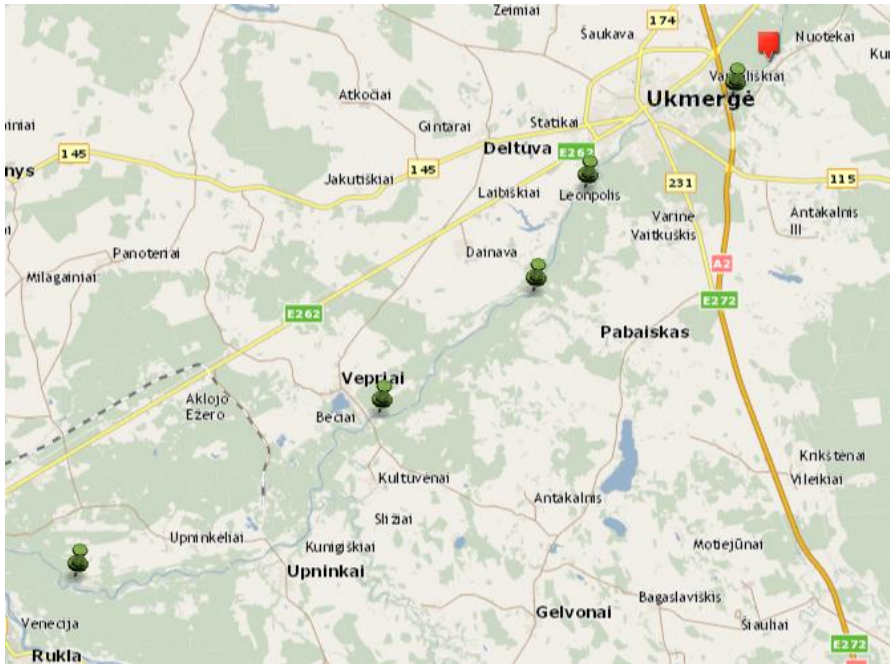
All tagged sturgeons migrated one by one. Most (16 from 20) sturgeons migrated downstream almost continuously, depending on river flow velocity, and only 4 individuals migrated at a considerably slower speed with up to 20 hours long stopovers. Any longer stopover of sturgeons was recorded in the areas of sandy bottom and averagely abundant vegetation.

In 2014, the results of telemetric investigations of juvenile sturgeons coincided with the results obtained in Wisłoka and Drwęca rivers in Poland (Kapusta et al., 2009; 2011), where sturgeon juvenile migration speed also depended or was close on river flow velocity. Similar to our investigations, sturgeons migrated one by one in both Polish rivers, migration most often proceeded continuously, and only part of sturgeons made longer stopovers. Mortality was also low or absent during migration in both Polish rivers. The speed of migration in Polish rivers did not depend on fish size. Sandy substrate was also recorded to be the main factor for a longer stopover by migrating sturgeons in Polish rivers. But contrary to Lithuania, some sturgeons were recorded to migrate upstream in Poland.

On 20 October 2015, a total of 20 radio-tagged sturgeons were released into the Šventoji by Zujai settlement (N 55.28354, E 24.85395) (Fig. 8). Each radio tag had a unique radio frequency code; therefore, each tagged fish could be easily identified during the lifetime of the transmitter.

In 2015, a little larger and considerably more powerful radio tags were used. Differently from the year 2014, more powerful radio tags were able to

track fish up to 2 m deep and the power of radio tags was sufficient to track fish with automated radio stations in conditions of 498 575  $\mu\text{S}$  water conductivity in the Šventoji River. Therefore, in 2015, differently from 2014, released fish were being tracked actively from the coast and registered in the places of dislocation of automated radio stations (Fig. 8).



**Fig. 8.** Place of release of tagged fish (marked in red) and the places of dislocation of automated radio stations (marked in green) in 2015.

*8 pav. Ženklinių eršketų išleidimo vieta (pažymėta raudonai) ir automatinių radijo stotelių išdėstymo vietas (pažymėta žaliai) 2015 metais.*

Orthophotographs were used to measure migration distance from the place of release by Zujai to the lower reaches of the Šventoji. Migration distance from the place of release by Zujai to the lower Šventoji was 49.1 km.

The results of investigation of sturgeon juvenile migration in 2015 differed considerably from those obtained in 2014. All tagged sturgeons spent considerably more time for adaptation to wild conditions. During the first day of release, all sturgeons dispersed in an area of  $\sim 1$  km below the place of release. As late as 32–40 hours after release, a slightly more rapid migration started. In 2014, all tagged sturgeons migrated out of the Šventoji River in 3 days, whereas in 2015 merely 6 individuals left the Šventoji in 9 days. Besides, contrary to 2014, in 2015 two sturgeons became prey of pike and other two

did not give any signal for more than 24 hours after release. This could be due to tag damage or sturgeons could have become prey of fish-eating birds (during the period of investigation, the Šventoji was teaming with Goosanders and several flocks of Cormorants were observed). Other 10 tagged sturgeons were not recorded to migrate out of the Šventoji during the remaining guaranteed battery lifetime (9 days) (Table 10). The average migration speed of the young-of-the-year was significantly statistically lower in 2015 than in 2014 (t-test,  $p < 0.05$ ). The average migration speed of sturgeons that migrated out of the Šventoji River was 0.54 km/h, while the migration speed of others was merely 0.18 km/h. The migration speed of 6 sturgeons that migrated out of the Šventoji River in 2015 was also statistically significantly different (t-test,  $p < 0.05$ ) from the speed of migration in 2014.

As to similarities between migrations in 2014 and 2015, neither sturgeon was recorded migrating upstream in either year.

**Table 10.** Atlantic sturgeon juveniles ( $0^+$ ) migration speed (km/h) during the lifetime of a tag battery (9 days\*) in 2015 year

*10 lentelė. Aštriašnių eršketų šiųmetukų ( $0^+$ ) migracijos greitis (km/h) per žymeklio baterijos tarnavimo laikotarpį (9 dienos\*) 2015 metais*

Nr.	Radio tag frequency	Migration rate km/h	Distance covered, km **	Comments
1.	150.380	0	–	not registered
2.	150.600	0.07	10.6	
3.	151.380	0.17	31.2	
4.	151.500	0.27	38.1	
5.	151.600	0.50	49.1	
6.	151.890	0.15	25.9	
7.	160.400	0.15	25.9	
8.	164.200	0	–	not registered
9.	166.300	0.33	49.1	
10.	166.320	0.23	43.7	
11.	166.340	0.09	6.7	After 3 days became a victim of pike
12.	166.380	0.08	11.4	
13.	166.420	0.14	19.8	
14.	166.520	0.02	1.2	After 1 day became a victim of pike

**Table 10, continuation.** Atlantic sturgeon juveniles (0<sup>+</sup>) migration speed (km/h) during the lifetime of a tag battery (9 days\*) in 2015 year

*10 lentelės tęsinys. Aštriašnapių eršketų šiųmetukų (0<sup>+</sup>) migracijos greitis (km/h) per žymeklio baterijos tarnavimo laikotarpį (9 dienos\*) 2015 metais*

<b>15.</b>	166.540	0.31	43.7	
<b>16.</b>	166.580	0.85	49.1	
<b>17.</b>	166.620	0.84	49.1	
<b>18.</b>	166.690	0.43	49.1	
<b>19.</b>	167.380	0.30	49.1	
<b>20.</b>	173.850	0.24	43.7	

\* The guaranteed lifetime of the battery in a tag was about 12 days, from which 3 days sturgeons were observed in the laboratory and 9 days in the wild.

\*\* The last really known place of occurrence of sturgeons was recorded. For sturgeons that became prey of pike, the distance to the place of occurrence of pike was recorded.

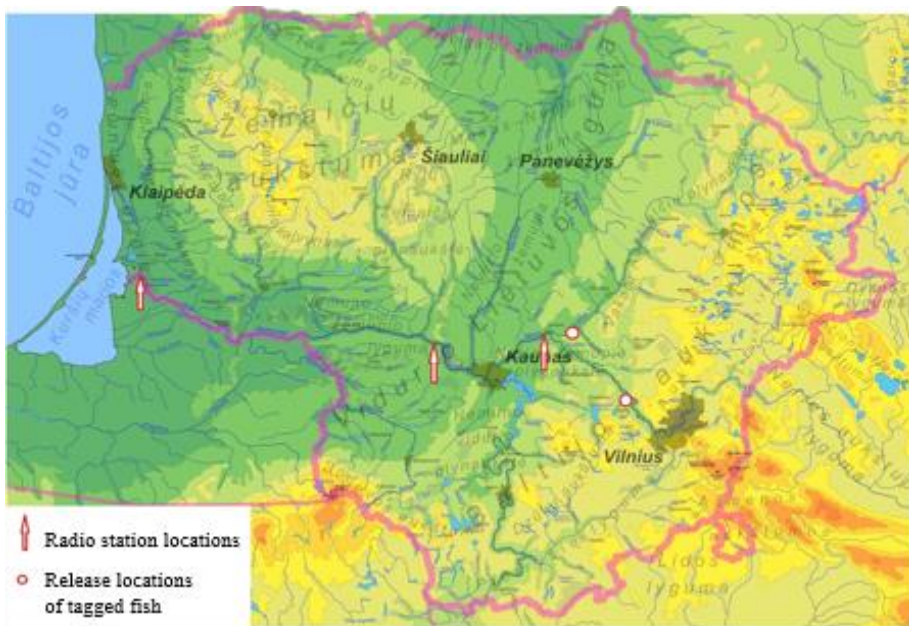
Both in 2014 and 2015, all released sturgeons migrated one by one. Contrary to 2014, in 2015 downstream migration proceeded very unevenly and sturgeon migration speed differed markedly in different segments of the river. Migration speed did not depend on fish size. In 2015, as in 2014, fish were recorded to have stopovers in sandy bottom areas with averagely abundant vegetation.

As in Lithuania, migration speed was not associated with fish size in Poland, too. Sandy substrate was also chosen as the most important habitat factor for a longer stopover by migrating sturgeons in Polish rivers. However, contrary to the data obtained in Lithuania, upstream migration of several sturgeons was recorded in Poland. The speed of sturgeon migration in Lithuania in 2015 was an exception and did not coincide either with that recorded in Lithuania in 2014 or with the results obtained in Poland. Analysis of differences in biotic and abiotic environments between 2014 and 2015 revealed that only differences in water level (and, accordingly, river flow velocity) and in the amount of clouds were significant. Flow velocity in the Šventoji River was significantly lower in 2015 than in 2014, and the start of sturgeon release in 2015 coincided with the absence of sunny days. All other water indices of the Šventoji River and all other biotic and abiotic conditions were similar between 2014 and 2015. We did not succeed in finding scientific literature describing such difference in the migration of young-of-the-year sturgeons, thus our results are most likely unique, but the reasons are not so far clear. Such pronounced migration differences were most likely due to an



unusually low water level and a lower flow velocity, because according to literature data the migration of the young-of-the-year correlates with river flow velocity. However, in 2015 the speed of migration of the young-of-the-year significantly differed from river flow velocity and was unproportionally lower than in 2014, i. e. decrease in river velocity in 2015 was much less lower than differences in migration speed between 2014 and 2015.

On 6 June 2013, all radio tagged *A. oxyrinchus* juveniles (1 and 1<sup>+</sup>) were released into the Šventoji River by Upninkai and into the Neris River by Vievis (Fig. 9). Duplicated automated stationary radio stations for tracking tagged fish throughout the period of investigation were installed in 3 places in the Neris and Nemunas rivers – in Rusnė town, in Vilkija town, and downstream of Jonava town.



**Fig. 9.** Places of installation of automated radio stations and of release of tagged fish.  
*9 pav. Automatinių radijo stotelių įrengimo ir žymėtų žuvų išleidimo vietos.*

In 2013, we observed migration of radio tagged sturgeons and collected data on catches of sturgeons marked with external tags (Floy Tag).

Orthophotographs were used to measure migration distance between radio stations installed in Vilkija town and in Rusnė town (163.4 km), radio stations downstream of Jonava town and in Vilkija (75.1 km), sturgeon release site in the Šventoji River by Upninkai and downstream of Jonava town (23.2 km),

and between sturgeon release site in the Neris and downstream of Jonava town (72.9 km).

Thus, the total migration distance tracked was 311.4 km for tagged sturgeons released in the Neris and 261.7 km for tagged sturgeons released in the Šventoji.

All 20 tagged sturgeons were tracked by radio stations. Until 15th of September 2013, 16 tagged sturgeons reached the Curonian Lagoon. Other 4 sturgeons were recorded in the station downstream of Jonava; however, one individual was not recorded in any other place later, and other three were registered in Rusnė. Most sturgeons reached the Curonian Lagoon in the summer season.

As sturgeons were released in different places and at different times, for a correct comparison of data we recalculated migration speed (km per day) for each sturgeon.

In the first stage of migration – from the place of release to the radio station downstream of Jonava – migration speed between sturgeons released into the Neris and into the Šventoji differed markedly as in 2012 (Publication II).

In the second stage of migration – from the radio station downstream of Jonava to the radio station in Vilkija – differences between migration speeds of sturgeons released in the Neris and those released in the Šventoji were negligible. Similar results were obtained in 2012.

In the third stage of migration – from the radio station in Vilkija to the radio station in Rusnė – no differences between migrations speeds of sturgeons released into Neris and Šventoji rivers were observed.

In general, the results obtained in 2012–2013 confirmed a hypothesis formulated in 2012 that different ecological and hydrological characteristics of rivers affect migration intensity (Stakėnas and Pilinkovskij, 2019).

The overall migration intensity was considerably lower in 2013 than in 2012 (4.1 km/day against 6.2 km/day in the Šventoji and 6.1 km/day against 13.0 km/day in the Neris). Migration from the place of release up to Rusnė took from 26 to 88 days (57 days on average).

### 3.3. Effect of stressors of different origin on haematological indices of fish (Publication I)

The effect of stressors is particularly relevant in artificially reared fish. The fish reared in ponds are constantly exposed to various environmental factors (water quality, temperature, fish density, feed quality and quantity,

transportation, etc.). These factors might have a great impact on physiological indices of fish, in particular if they are of long duration. The effect of stressors on artificially reared fish can manifest in the weakening of fish immune system and even cause death. Therefore, it is important to know what, what strength, and what duration stressors the fish organism can tolerate, in particular when artificially reared fish are released into natural waters and their transportation takes a long time. It is very important to examine the organism's adaptation capacity and its ability to recover after the effect of stressors of different origin. Little is known about the combined effect of multiple stressors on the functional state and immune system of fish.

Stress can be of short and of long duration. The longer the stress, the more difficult for the organism to compensate for the damage done. Therefore, long-term stress can cause organism's physiological changes or even death. Long-term stress can also affect the organism's resistance to infectious and other diseases and lower the organism's reproductive ability (Witeska, 2005).

One of the factors that can cause stress and adversely affect physiological indices of fish is taking fish out of water. This action causes an acute stress for fish, because the environment totally changes, fish cannot breathe, and if such condition persists for a long time it can lead to fish death. Investigations were carried out with the Siberian sturgeons (*Acipenser baerii*) which were taken out of water for 2 min and then put back into water. Fish blood indices were measured 1, 3, 6, 12 and 24 hours after exposure to stress and compared with the indices measured before exposure. The results obtained showed that cortisol level in blood mostly increased within an hour after exposure to stress, but after 3 hours it returned to the level before stress. Increase of glucose was also recorded for one hour after exposure to acute stress. Researchers made a conclusion that blood indices of the Siberian sturgeon rapidly recover after an acute state of oxidative stress (Eslamloo and Falahatkar, 2014).

Temperature changes can also cause stress reaction in an organism. Researchers conducted an experiment where beluga juveniles (6 months old) were exposed to different temperatures (9–14 °C, 15–20 °C and 21–26 °C) for 21 days. Researchers found that with temperature rising concentrations of hematocrit and eosinophils significantly increased but amounts of lymphocytes, cortisol, white blood cells and glucose slightly decreased. A conclusion was made that temperature is not a very significant stressor for beluga (Zarejabad et al., 2010).

Light and darkness can also be stressors to fish. Researchers made an experiment and observed how beluga reacted to and how blood parameters

change depending on the duration of photoperiods (24 h of light, 24 h of darkness, 18 h of light and 6 h of darkness, and 12 h of light and 12 h of darkness). The experiment lasted 8 weeks, after which changes in blood indices were measured. The highest haemoglobin and hematocrit concentrations were recorded in the period of 18 h of light and 6 h of darkness. The most marked increase in leukocytes was observed in the group that was kept in permanent darkness. The greatest number of erythrocytes, the lowest amounts of lactate and cortisol and the highest overall survival rate of fish were recorded when light and dark periods were of the same duration. However, different photoperiods did not have any effect on the growth of fish (Bani et al., 2009).

Artificially reared fish can often suffer from excess density in aquariums or ponds. This stressor can affect not only fish blood indices but also the fish themselves, because high fish density increases a probability of spreading various diseases. Researchers carried out an investigation to find out how high density of fish can affect fish growth and blood indices. Researchers installed aquariums with different beluga density – 1, 2, 4, 6 and 8 kg/m<sup>-2</sup>. After 8 weeks fish density was found to have markedly affected both fish growth and blood indices. A higher density not only conditioned a lower growth rate, but also a greater amount of hematocrit in blood. Hematocrit increase is the best indicator of a negative impact of stressors on beluga (Rafatnezhad et al., 2008).

During the experiment, fish were exposed to the following stressors: fish transportation for a different period of time in special bags with oxygenated water and light and darkness factors. Such factors were thought to evoke stress response in fish and cause changes in fish blood indices. We also investigated a possibility of a combined effect of multiple stressors. All experiments were conducted at the same time, in the morning.

Fish were immediately taken out of the aquarium or bag and dried. Fish blood was collected as soon as possible to prevent fish from additional stress reaction. Blood was collected from caudal blood vessels (caudal vein) by a heparinised syringe or glass pipette. Blood from a syringe or pipette was poured into a plastic bag with small holes through which aqueous heparin solution was dropped in to stabilise blood and stop its coagulation. Each blood sample was appropriately marked to know what fish it belongs to. All fish survived the procedure.

The following haematological parameters were analysed: hematocrit level (Hct, l/l), haemoglobin concentration (Hb, g/L), and glucose concentration (GLU, mmol/L) (Svobodova et al., 1999).

The digital expression of hematocrit is the ratio of red blood cell volume to total blood volume. Hematocrit is measured with special 5–7.5 cm long hematocrit capillaries. Hematocrit capillaries were filled with blood (approximately 2/3 their length). Capillary end was filled with special material to prevent blood overflow during centrifugation. Capillaries were centrifuged in a special apparatus (Hematokrit 200) for about 3–4 min. After centrifugation, a special scale was used to measure red blood cell volume and total blood volume. The digital value obtained was multiplied by coefficient 0.01.

Glucose concentration was measured by an electrochemical method by determining glucose oxidation products appearing during ferment oxidation of glucose by using a special device.

#### 3.4. Catches of tagged sturgeons in the Curonian Lagoon and in the coastal areas of the Baltic Sea (Publication IV)

##### The Curonian Lagoon

At least 578 sturgeons (90 tagged and 488 untagged) were caught in the Curonian Lagoon during the 2014–2018 period according to the survey of fishermen. Only fisheries representing 0.8% of the total fish catch in the Curonian Lagoon did not catch a sturgeon. Notably, among fisheries, fyke nets were indicated as the only fishing gear in the Curonian Lagoon that never caught a sturgeon. The majority of fisheries (68.2%) caught their first sturgeons during the 2011–2013 period just after sturgeon restocking started and before the targeted period of the survey (Table 11). The overall bycatch rate was 1/8 576 kg during the 2014–2018 period among the surveyed fisheries. However, the bycatch rate close to the Nemunas river mouth and in the central part of the Curonian Lagoon was 1/6 834 kg compared to 1/11 597 kg in the northern part of the lagoon (Figure 10). All fisheries that never caught a sturgeon operated in the north part of the Curonian Lagoon. The mean reported depth where sturgeon were caught was 3.2 m and a sandy or sandy-stony substrate was indicated as most preferable for sturgeons by all fishermen. In 2018, at least 107 sturgeons were caught, while the year before yielded a slightly lower catch of 92 sturgeons. Of these, 158 specimens were

caught with gill nets and 41 with fyke nets with 30.8% of fisheries declaring that they never caught sturgeon with fyke nets despite using this fishing gear. The sturgeon bycatch in fyke nets over the 2017–2018 period (1/15769 kg) was more than half of gill nets (1/8039 kg), with the overall sturgeon bycatch for the lagoon being 1/10405 kg and 1/8040 kg in 2017 and 2018 respectively.

Only 26.6% of fisheries expressed opinion that the sturgeon bycatch is decreasing, as the majority were certain that sturgeon numbers were increasing (37.2%) or staying the same (35.4%). In the Curonian Lagoon, most sturgeons caught were from 0.5 up to 1.0 kg, with the two biggest specimens recorded being ~ 2.5 kg. Gill nets with a mesh diameter of 45–70 mm were the main fishing gear used to target sturgeons for 73.4% of fisheries, with a relatively small proportion of fisheries (13.3%) struggling to define their main fishing gear. Only 4.4% of fisheries did not catch a tagged sturgeon in the Curonian Lagoon with first tagged specimen being caught in 2012. The survey revealed that at least 90 tagged specimens were caught during the 2014–2018 period, but only three in 2018. According to the fisheries, all but two tags were of Lithuanian origin – one tag description corresponds with those used to tag sturgeon in Poland or Germany and one (an aluminium plate with Cyrillic symbols) most likely was used for marking sturgeons held in captivity in the Kaliningrad region, Russia.

### The Baltic Sea

At least 415 sturgeons (57 tagged and 358 untagged) were caught in the Baltic Sea during the 2014–2018 period according to the fishermen survey. Only fisheries representing just 0.9% of the total catch in the Baltic Sea did not catch a sturgeon. Similarly as in the Curonian Lagoon, the majority of fisheries (63.3%) caught their first sturgeons in the Baltic Sea during the 2011–2013 period just after sturgeon restocking started and before targeted survey period (Table 11). However, some fisheries (12.7%) caught their first sturgeons still before the Atlantic sturgeon restoration programme started in Lithuania. The overall bycatch rate was 5 197 kg during 2014–2018 period. However, the bycatch rate in fishing areas just north of Klaipėda Strait was 4 938 kg compared to 9 305 kg per one sturgeon in fishing areas south of Klaipėda Strait (Figure 10). All fisheries that never caught a sturgeon operated in fishing areas south of Klaipėda Strait. The mean reported depth where sturgeon were caught in the Baltic Sea was 6.9 m with only one fisherman stating that he caught sturgeon at 15–20 meters depth. Similarly to the Curonian Lagoon, a

sandy-stony substrate was indicated as most preferable for sturgeons in the Baltic Sea by all fishermen.

In year 2018, at least 58 sturgeons were caught, while the year before yielded a higher catch of 71 sturgeons. Of these, 103 sturgeons were caught with gill nets and 26 with fyke nets. 32.0% of fisheries declared that they never caught sturgeon with fyke nets despite using this fishing gear. The sturgeon bycatch for fyke nets over the 2017–2018 period (1/28807 kg) was less than eighth of gill nets (1/3314 kg). The overall sturgeon bycatch for coastal sea was 1/7069 kg and 1/10289 kg in 2017 and 2018 respectively.

The survey revealed that the sturgeon bycatch trend appeared significantly different from that in the Curonian Lagoon as only 9.4% of fisheries were certain that sturgeon density was increasing, while the majority stated the same sturgeon bycatch (64.0%) or a decrease (23.7%). Autumn was the best season in the Baltic Sea to catch sturgeon for 72.3% fisheries with only one fishery indicating wintertime. In the Baltic Sea, most caught sturgeons were from 1.0 to 2.0 kg with the biggest specimen recorded being ~ 12 kg. Gill nets with a mesh diameter of 50–70 mm were indicated as the main fishing gear to target sturgeons for 68.5% of fisheries. However, a substantial proportion of fisheries (22.4%) could not indicate their most selective gear. Only 2% of fisheries did not catch tagged sturgeon in the Baltic Sea and the first tagged specimen was caught in 2012. The survey revealed that at least 57 tagged specimens were caught during the 2014–2018 period, but only four tagged specimens were caught in 2018. According to the fisheries, seven tags were of foreign origin – six tags were exactly those used to tag sturgeon in Poland or Germany, and one was likely an external data storage tag or radio tag with an internal antenna of unknown origin.

**Table 11.** Atlantic sturgeon stocking and tagging in the Nemunas River basin during the 2011–2018 period and total, gill and fyke nets fish landings in the Curonian Lagoon and the Baltic Sea coastal zone with the proportion of catch for fyke nets in Lithuania territorial waters during the 2014–2018 period

*11 lentelė. Aštriašnių eršketų įžuvinimas ir žymėjimas Nemuno baseine (2011–2018 m.), žuvų išleidimas Kuršių mariose ir Baltijos jūroje bei tinklais sugautų žuvų kiekis Lietuvos teritoriniuose vandenyse (2014–2018 m.)*

YEAR	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Stocked numbers of Atlantic sturgeon fry	4640	6950	7825	19440	34330	30400	8200	43750
Stocked numbers of Atlantic sturgeon subadults	30	391	420	1227	2448	500	0	1000
Sturgeon subadults tagged with Floy Anchor tags	30	391	420	1207	2048	500	0	250
Total fish landings in lagoon (tons)	NDA	NDA	NDA	1061	1098	1052	963	756
Gill nets fish landings in lagoon (tons)	NDA	NDA	NDA	895	892	750	645	467
Gill nets fish landings in lagoon (tons)	NDA	NDA	NDA	166	206	302	318	289



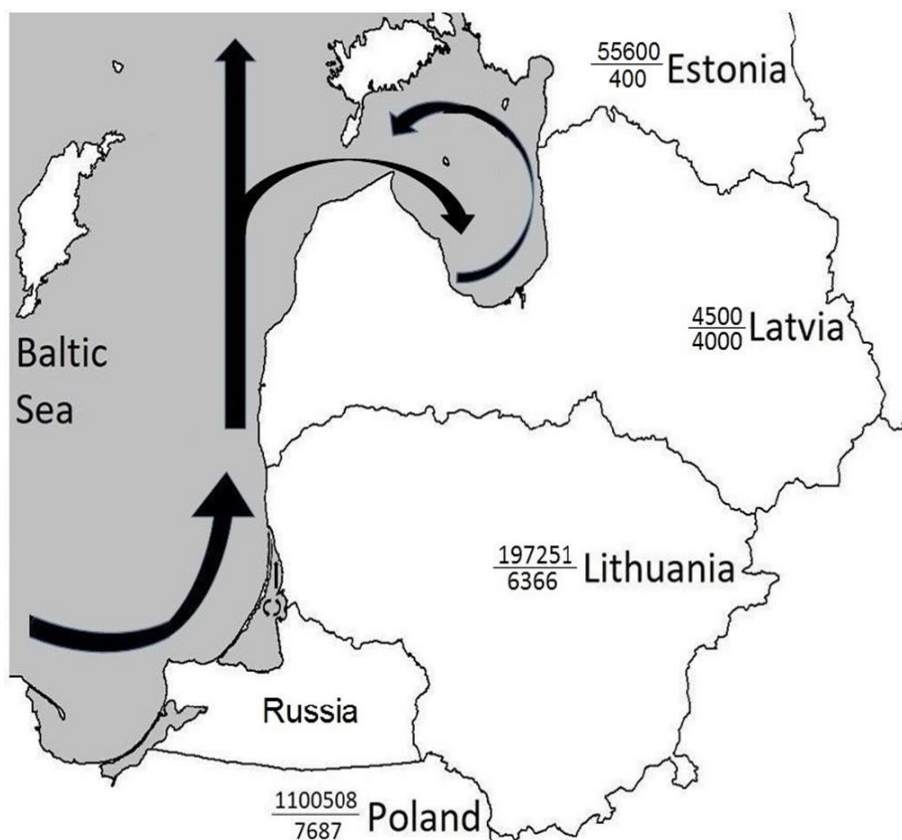
**Table 11, continuation.** Atlantic sturgeon stocking and tagging in the Nemunas River basin during the 2011–2018 period and total, gill and fyke nets fish landings in the Curonian Lagoon and the Baltic Sea coastal zone with the proportion of catch for fyke nets in Lithuania territorial waters during the 2014–2018 period

*11 lentelės tęsinys. Aštriašnių eršketų išuvinimas ir žymėjimas Nemuno baseine (2011–2018 m.), žuvų išleidimas Kuršių mariose ir Baltijos jūroje bei tinklais sugautų žuvų kiekis Lietuvos teritoriniuose vandenyse (2014–2018 m.)*

Fyke nets fish landing proportion in lagoon (%)	NDA	NDA	NDA	15.6	18.8	28.7	33.3	38.2
Total fish landings in coastal sea (tons)	NDA	NDA	NDA	425	402	674	502	597
Gill nets fish landings in coastal sea (tons)	NDA	NDA	NDA	369	330	270	165	177
Fyke nets fish landings in coastal sea (tons)	NDA	NDA	NDA	56	72	404	337	420
Fyke nets fish landing proportion in coastal sea (%)	NDA	NDA	NDA	13.2	17.9	59.9	67.2	70.4

\*F – floy tags, R – radio tags

\*\* NDA – no data available



**Fig. 10.** Atlantic sturgeon restoration in the eastern Baltic Sea: number of stocked sturgeons (upper number), number of tagged sturgeons (lower number) and dominant currents in the eastern part of the Baltic Sea and the Curonian Lagoon (redrawn from Leppäranta, & Myrberg, 2009).

**10 pav.** Aštriašniپیų eršketų atkūrimas rytinėje Baltijos jūroje: išvintų eršketų skaičius (viršutinis skaičius), suženklintų eršketų skaičius (apatinis skaičius) ir dominuojančios srovės rytinėje Baltijos jūros dalyje ir Kuršių mariose (perpiešta iš Leppäranta, & Myrberg, 2009).

## CONCLUSIONS

1. Based on the results of mtDNA molecular studies it was found that the sturgeons exhibited in the Kaunas Tadas Ivanauskas Zoology Museum and stored in museum repositories (caught in the Baltic Sea in 1960) were earlier erroneously identified as *A. sturio* are *A. oxyrinchus*. No traces of possible hybridisation in the studied museum exhibits *A. sturio* and *A. oxyrinchus* were detected.
2. The genotyping of introduced juveniles (0<sup>+</sup>) *A. oxyrinchus* based on the data of thirteen loci allows to identify the origin of sturgeons and places of rearing (hatcheries) by examining DNA samples of sturgeons returning to spawning grounds.
3. Exposure of *A. oxyrinchus* juveniles (1<sup>+</sup>) to a stressor (transportation) revealed that fish blood indices (hematocrit level, red and white blood cell counts and glucose concentration) are recovered after 24 hours.
4. It was determined that in the Nemunas, Neris and Šventoji rivers released juveniles (0<sup>+</sup>, 1) of *A. oxyrinchus* migrate individually following the river current of the downstream and do not form migration shoals which typical for many other migratory fish species.
5. Based on commercial fisherman interviews and commercial fisheries data, it was determined that most commonly *A. oxyrinchus* are caught in the central part of the Curonian Lagoon. Furthermore, it was found that sturgeon bycatch in traps was approximately two times lower than in gillnets in the Curonian Lagoon, and approximately nine times lower than in gillnets in the Baltic Sea.
6. *Acipenser oxyrinchus* juvenile from the place of release to the Curonian Lagoon, mortality in rivers was 20% (first 3 months).

## RECOMMENDATIONS

1. When preparing a plan for the management of *A. oxyrinchus* reintroduction and improving the breeding strategy in Lithuania, it is recommended to introduce the following measures for the reduction of sturgeon mortality: change of fixed-net fishing for trap-fishing or fishing with modified nets and establishment of no-take zones to protect habitats most suitable for *A. oxyrinchus*.
2. When implementing the *A. oxyrinchus* reintroduction programme within the HELCOM Action Plan, it is recommended to include the issues of *A. oxyrinchus* protection in all future cross-border meetings on nature protection, fishing, fish stock restoration, fishing control, etc. with the Russian Federation.

## SANTRUMPOS

ŽT prie LR ŽŪM – Žuvininkystės tarnyba prie Lietuvos Respublikos Žemės Ūkio Ministerijos

KZM – Kauno Tado Ivanausko zoologijos muziejaus

URS – Uždara recirkuliacinė žuvų auginimo Sistema

RE – regione išnykusi rūšis

PGR – polimerazinė grandininė reakcija

mtDNR – mitochondrinė DNR

bp – bazių pora

Hct – hematokrito lygis

RBC – raudonųjų kraujo ląstelių kiekis

WBC – baltųjų kraujo ląstelių kiekis

GLU – gliukozės koncentracija

pH – vandenilio potencialas

NO<sub>2</sub> – azoto dioksidas

NH<sub>4</sub> – amonis

L – žuvies kūno ilgis, atstumas nuo snukio pradžios iki linijos, jungiančios uodeginio peleko galus

l – žuvies kūno ilgis nuo snukio pradžios iki uodeginio peleko spindulių pamatų

Q – žuvies kūno svoris

## SANTRAUKA

Iki XX amžiaus pabaigos eršketai plačiai buvo paplitę Europoje ir pasaulyje. Šiuo metu sutinkamos Europoje aštuonios eršketų rūšys: Europinis Atlantinis eršketas (*Acipenser sturio* Linnaeus, 1758), Aštriašnipis eršketas (*Acipenser oxyrinchus* Mitchill, 1815) Adrijinis eršketas (*Acipenser naccarii* Bonaparte, 1836), Sterlė (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758), Didysis eršketas (*Huso huso* Linnaeus, 1758), Rusiškasis eršketas (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzeburg, 1833), Aralinis eršketas (*Acipenser nudiiventris* Lovetsky, 1828) ir Žvaigždėtasis eršketas (*Acipenser stellatus* Pallas, 1771) (Holčík, 1989). Tačiau dabartiniu metu Europinis Atlantinis eršketas (*A. sturio*) yra viena labiausiai nykstančių eršketinių žuvų rūšių (Rochard et al., 1990; Birstein, 1993; Birstein et al., 1997a).

Apskritai, eršketai Baltijos jūroje išplito po paskutinio apledėjimo, pradėjus šiltėti klimatui. Lenkų mokslininkai teigia, kad šis procesas prasidėjo maždaug prieš 7500–6900 m. prieš Kristų (P. K.). Eršketų kaulų fragmentai buvo randami Gdansko ir Ščesino įlankose (Makowiecki, 2003), o piešiniai ant uolų iš neolito laikotarpio Onegos ežero pakrantėse (Rusija, Besov Nos) (Lebedev, 1960) yra datuojami laikotarpiu 3000–2000 m.

Remiantis literatūros duomenimis, eršketai paplitę Baltijos jūroje po 1800 m. priklauso aštriašnipiui eršketui (*A. oxyrinchus*) rūšiai, o ne Europiniam Atlantiniam eršketui (*A. sturio*), kaip anksčiau buvo manoma (Gessner and Ritterhoff, 2004). *A. oxyrinchus* priklauso eršketinių žuvų šeimai, kuri yra viena seniausių kaulinių žuvų šeimų, datuojama dar iš 200 milijonų metų prieš mūsų erą. Nuo to laiko eršketai morfologiškai daug nepakito, todėl yra vadinami „gyvosiomis fosilijomis“ (Peng et al, 2007). XX a. šios žuvys išnyko visame Baltijos jūros paplitimo areale. Palei rytinę Šiaurės Amerikos Atlanto vandenyno pakrantę vis dar aptinkama genetiškai panašių šios rūšies individų su kadaise Baltijos jūroje gyvenusiais eršketais. Buvusios Baltijos jūros populiacijos genetiškai panašiausios į šiaurės Kanados populiacijos rūšis, kurios tebegyvena Šv. Jono (angl. *St John*) ir Šv. Lauryno (angl. *St Lawrence*) upėse (Ludewig et al. 2002).

Lietuvoje paskutinis sugautas eršketas Baltijos jūroje ties Palanga fiksuotas 1975 metais. Jo ilgis buvo virš 1 metro (Kesminas ir kt., 2010).

Iki XIX a. pabaigos eršketai buvo gana dažni Nemune, Neryje, Merkyje, Šventojoje, Baltijos jūroje (Kesminas ir kt., 2010). Didėjantis užterštumas, upių tvenkimas ir melioravimas nuskurdino nerštui tinkamas buveines, o drastiška šių žuvų žvejyba XX a. viduryje sąlygojo šios rūšies išnykimą Lietuvoje ir beveik visoje Europoje (Debus, 1996; Mamcarz, 2000, Paper II).

Dar visai neseniai manyta, kad Lietuvoje gyveno Europinis Atlantinis eršketas (*A. sturio*), tačiau prieš kelis dešimtmečius atlikus genetinius tyrimus nustatyta, kad Baltijos jūroje jau prieš 800–1200 metų gyveno aštriašnypis eršketas (*A. oxyrinchus*) (Ludwig et al. 2002, Paper III). Šis faktas atvėrė naujas eršketų išteklių atkūrimo galimybes tiek Lietuvoje, tiek visoje Europoje, nes *A. oxyrinchus* yra gana plačiai paplitęs Šiaurės Amerikoje, o populiacija pakankamai gausi, todėl buvo žymiai lengviau ir pigiau gauti ikrus ir jauniklius sėkmingam *A. oxyrinchus* reintrodukcijos startui. Paaugintos URS žuvis Lietuvoje kasmet įveisiamos į Šventosios ir Neries upes. Lietuvoje *A. oxyrinchus* įveisiama nuo 2011 m.

*A. oxyrinchus* yra praeivė rūšis ir gali pakęsti labai aukštą jūros vandens druskingumą (35 ‰), bent jau Atlanto vandenyno populiacija. Eršketai auga labai greitai: literatūroje nurodoma, kad eršketai išgyvena iki 100 metų amžiaus, gali pasiekti 5 m ilgį ir 400 kg svorį (Froese and Pauly, 2001). Patinai subręsta 7–9, o patelės – 8–14 m. Eršketai gali atlikti ilgas, iki 1000 km neršto migracijas į upių aukštupius. Neršia birželio mėn., kai vandens temperatūra pakyla iki 14 °C, ant akmenuoto ar žvyruoto grunto. Išneršę individai grįžta į jūrą. Vislumas siekia 0,2–5,7 mln. Jaunikliai iki 1 m gyvena upėse. Jūroje eršketai migruoja žymiai mažiau ir yra sutinkami iki 100 m gylio. Paprastai jie laikosi ant kontinentinio šelfo ir juda išilgai kranto. Vandens vabzdžių lervos, kirmėlės – polichetai ir oligochetai yra pagrindinis jaunų eršketų maistas gėluose vandenyse. Eusturijuose ir jūrose eršketai minta vabzdžių lervomis ir kirmėlėmis, vėžiagyviais, moliuskais ir smulkiomis žuvimis (Bogacka-Kapusta et al., 2011).

Mokslininkai (Ludewig et al., 2002) padarė išvada, kad aštriašnypis eršketas atplaukė į Baltijos jūrą pakankamai seniai ir laikui bėgant išstūmė čia gyvenusį Europinį Atlantinį eršketa.

Kadangi *A. sturio* Europoje gyvena ir nereguliariai veisiasi tikrai Žirondos (*Gironde*) upės baseine (Rochard et al., 1990; Lepage and Rochard, 1995; Williot et al., 1997), jo nedidelės populiacijos (viso keletas tūkstančių individų) atstatymo ir gausinimo darbai buvo pradėti Prancūzijoje jau 1990-aisiais Cemagref akvakulturistų komandos iš Bordo (*Bordeaux*) (Williot et al., 1997, Williot et al., 2000). Tikrai 1995 m. gegužės mėnesį pirmą kartą po 1988 m. Žirondos upėje buvo užregistruotas *A. sturio* natūralus nerštas. Upės žiotyse buvo pagauta subrendusi patelė ir subrendęs patinas (Anon, 1995). Šios žuvis buvo dirbtinai išnaršintos, o gauti palikuonys buvo paleisti į Žirondos upės intakus: Garonos (*Garonne*) ir Dordonės (*Dordogne*) upes. Apie 2000 dirbtinai išveistų eršketukų buvo išleista į Žirondos upę, kita dalis buvo auginama nelaisvėje. Jie iki šiol vis dar yra laikomi laboratorinėmis

sąlygomis tam, kad būtų suformuota tinkama neršto banda (Williot et al., 1997). Ispanijoje taip pat pradėta galvoti apie analogišką atlantinio eršketo populiacijos atkūrimo planą (Elvira et al., 1991). Pagal istorinius duomenis buvo nustatyta, kad aštriašnipis eršketas dažniausiai buvo aptinkamas Nemuno baseine ir jo didžiuosiuose intakuose – Neryje, Sčaroje, Merkyje ir Šventojoje (Ivanauskas ir kt., 1956; Virbickas, 1992).

Erškėtų reintrodukcija domimasi ir Lietuvoje. Gamtos tyrimų centro mokslininkų iniciatyva 2010 m. parengta, eršketo (*A. oxyrinchus*) populiacijos atkūrimo Lietuvos vandenyse programa (Kesminas ir kt., 2010), kuri buvo pristatyta 2011 m. tarptautinėje erškėtų atkūrimo klausimams skirtoje konferencijoje Berlyne (Kesminas ir kt., 2011). Pagal ją Žuvininkystės tarnyba (ŽT) atlieka aštriašnipių erškėtų populiacijos atkūrimo darbus Lietuvoje. Atsižvelgdami į istorinius duomenis, upių ekologinę būklę, laisvus migracijos kelius ir tinkamas ekologines sąlygas, Lietuvoje erškėtų reintrodukcija vykdoma – Neries ir Šventosios upėse. (Aštriašnipių erškėtų populiacijos atkūrimo Lietuvoje 2012–2020 metais programa).

Aštriašnipis eršketas (*A. oxyrinchus*) Lietuvoje laikoma vietine rūšimi. Apsaugos statusas – RE (regione išnykusi rūšis). Pastarųjų metų vienas iš svarbiausių dokumentų yra Baltijos erškėtų apsaugos ir atkūrimo veiksmų plano projektas (*Action Plan for the protection and recovery of Baltic sturgeon*), kurio parengimą inicijavo 2019 m. Helsinkio komisija (HELCOM) (Gessner et al., 2019).

Nuo senovės laikų aštriašnipiai eršketai buvo svarbūs žvejybos ir verslo objektai. Daugelis autorių nurodo, kad pagrindinės nykimo priežastys yra šios: nekontroliuojama verslinė žūklė (pergaudymas), užtvankų statyba ant „neršto upių“, vandens kokybės pablogėjimas, upių hidrologiniai ir hidromorfologiniai pokyčiai ir nerštaviečių sunaikinimas dėl žmogaus ūkinės veiklos (Bonne, 1905; Schirmer, 1994; Gessner et al. 2018).

Siekiant sėkmingai vykdyti rūšies atkūrimo programas, svarbu ne tik stebėti žuvų išgyvenamumą ir prisitaikymą prie aplinkos sąlygų, bet ir tirti nelaisvėje auginamų individų genetinę įvairovę. Molekuliniai žymenys, pvz., mikrosatelitai, yra vieni geriausių įrankių, naudojamų genetinės įvairovės stebėsenoje. Jie leidžia sėkmingai identifikuoti rūšis, palyginti genetinę įvairovę tarp individų ir populiacijų bei suteikia pagrindą tolimesniam sėkmingam rūšies atkūrimo programos vykdymui (Chauhan and Ravij, 2010).

Atlikus genetinę ir kariotipinę analizę, paaiškėjo, kad Acipenseridae šeima yra kilusi iš bendro tetraploidinio protėvio. Šios šeimos atstovai pasižymi dideliu (120 ar 240) chromosomų rinkiniu. Įvairūs tyrimai įrodo, kad tarp keturių Acipenseridae šeimai priklausančių genčių nėra stebima didelių



evoliucinių kariotipo pokyčių. Tai nulemia lėtą tiek DNR sekų, tiek ir pačių eršketų evoliuciją (Birstein et al, 1997).

Dėl didelio genetinio panašumo Acipenseridae šeimos rūšys gali lengvai viena su kita hibridizuotis (Billard and Lecointre, 2001). Dėl to tarp kai kurių rūšių atsiranda dideli morfologiniai panašumai ir jas atskirti galima tik pasitelkus molekulinis metodus. Tokios dvi rūšys yra *A. oxyrinchus* ir *A. sturio*. Nors šios rūšys atsiskyrė prieš 58 milijonus metų (Peng et al, 2007), tačiau ilgą laiką buvo laikomos vienos rūšies – *A. sturio* – porūšiais (Birstein and Doukakis, 2000).

Nežinomos ar abejotinos kilmės audinių pavyzdžių rūšinė priklausomybė gali būti patvirtinta arba nustatyta naudojant molekulinis žymenis. Tuo atveju, kuomet tiriami muziejiniai ar iškastiniai audinių pavyzdžiai, dažnai naudojami mitochondrinės DNR (mtDNR) žymenys. Dėl tinkamumo tirti tiek tarprūšinę, tiek vidurūšinę genetinę įvairovę, ypač patogiu naudoti nekoduojančios mtDNR sekos dalį, vadinamą kontroliniu regionu (Ragauskas et. al. 2011).

Užauginti ŽT skyriuose aštriašnipiai eršketai kasmet pavasarį ir rudenį išleidžiami į Neris ir Šventosios upes. Transportavimo metu žuvys mažiau ar daugiau, bet vis dėlto patiria stresą. Gebėjimas reaguoti į stresą yra gyvybiškai svarbi bet kurio gyvo organizmo savybė. Ilgalaikis stresas gali turėti žalingą poveikį organizmo fiziologiniams procesams, jų išgyvenimui ir bendrai organizmo gerovei (Galhardo and Oliveira, 2009). Stresas yra nespecifinis atsakas į bet kokį veiksnį, kuris gali sukelti nerimą žuvisms. Stresinė būseną gali būti trumpalaikė ir ilgalaikė. Kuo stresinė būseną išlieka ilgiau, tuo sunkiau organizmui kompensuoti daromą žalą, todėl ilgalaikis stresas gali sukelti organizmo fiziologinius pokyčius ar net mirtį (Witeska, 2005).

Eršketinės žuvys yra vienos iš seniausių, egzistuojančių pasaulyje, todėl jų atsakas į stresorius gali skirtis nuo kitų žuvų rūšių. Žuvų kraujo rodikliai yra vieni iš svarbiausių, pagal kuriuos galima spręsti apie individų sveikatą ir jų funkcinę būklę. Būtent pagal juos galima spręsti ir apie aplinką, kurioje žuvis gyvena, ar ji tinkama, ar joje nėra kenksmingų medžiagų ir kitokių veiksnių, kurie gali sukelti neigiamą įtaką organizmui. Kraujo rodikliai ypač svarbūs nustatant įvairus patologinius pakitimus (Vazquez and Guerrero, 2007).

Žuvų kraujo rodikliai labai skiriasi nuo šiltakraujų gyvūnų. Jų eritrocitai turi branduolius, jie yra išgaubti, ir leukocitų kiekis žuvų kraujyje yra 4–10 kartų didesnis nei šiltakraujų, o gliukozės kiekis kraujyje yra žymiai mažesnis (Bukelskis ir Kublickas, 1988).

Žuvisms analizuojami hematologiniai rodikliai: eritrocitų skaičius (Er,  $\times 10^6/\text{mm}^3$ ), hemoglobino koncentracija (Hb, g/l), hematokrito lygis (Hct, l/l),

leukocitų skaičius ( $\text{Leu} \times 10^3 \text{mm}^3$ ), gliukozės koncentracija (mmol/l). Taip pat apskaičiuojami išvestiniai rodikliai – vidutinis eritrocitų tūris (VET, fl) ir vidutinė hemoglobino koncentracija eritrocite (VHbKE, pg) (Svobodova et al., 1999).

### Darbo naujumas

1. Nustatyti Kauno Tado Ivanausko zoologijos muziejuje laikomų eršketų, pagautų Lietuvoje, pavyzdžių mtDNR D-kilpos haplotipai, kurie sutapo su *A. oxyrinchus* rūšiai būdingu dažniausiu haplotipu H1. Anksčiau buvo manyta, kad šie individai priklausė kitai rūšiai – Europiniam Atlantiniam eršketui (*A. sturio*).
2. Atlikti išleidžiamų į Lietuvos upes *A. oxyrinchus* šiųmetukų ( $0^+$ ), kurie išnaršinti iš ikrų, gautų iš Kanados ir Vokietijos, genotipavimo tyrimai trylikoje mikrosatelitinių lokusų.
3. Pirmą kartą eksperimentiškai nustatyta, kad paveikus *A. oxyrinchus* jauniklius stresiniu veiksniumi (transportavimu) kraujo rodikliai būna atsistatę po 24 valandų.
4. Pirmą kartą Lietuvos upėse (Nemune, Neryje ir Šventojėje) atlikti *A. oxyrinchus* šiųmetukų ( $0^+$  m.) ir jauniklių (1 ir  $1^+$  m.) migracijos tyrimai.
5. Pirmą kartą ištirta *A. oxyrinchus* migracija ir jų pasiskirstymas Kuršių mariose ir Baltijos jūros priekrantės zonoje naudojant išorinius *Floy-Tag* tipo žymeklius.
6. Pirmą kartą buvo atlikta žvejų verslininkų apklausa dėl komercinės žvejybos įtakos *A. oxyrinchus* sugavimams Kuršių mariose ir Baltijos jūros priekrantės zonoje.
7. Pirmą kartą Kuršių mariose ir Baltijos jūros priekrantės zonoje buvo nustatytos pagrindinės *A. oxyrinchus* aptikimo vietos ir įvertinta eršketų priegaudos dalis gaudyklėse ir tinkluose.

## Mokslinė ir praktinė darbo reikšmė

1. Genetiniais tyrimais įrodyta, kad Kauno Tado Ivanausko zoologijos muziejuje eksponuojami ir fonduose saugomi eršketai, anksčiau identifikuoti kaip *A. sturio*, yra *A. oxyrinchus*.
2. Atliktas dirbtinai veistų eršketų mikrosatelitinių lokusų genotipavimas ateityje leis identifikuoti grįžtančius į nerštavietes *A. oxyrinchus* pagal veislynus.
3. *A. oxyrinchus* migracijos iš Lietuvos upių į Kuršių marias ir Baltijos jūrą ir paplitimo šiuose vandenyse tyrimo rezultatai yra reikšmingi vertinant šios žuvų rūšies erdvinį pasiskirstymą Lietuvos vandenyse.
4. Pagrindinių *A. oxyrinchus* aptikimo vietų Kuršių mariose ir Baltijos jūros priekrantės zonoje nustatymas leis ateityje apsaugoti jas nuo neigiamos komercinės žvejybos įtakos.
5. Gauti duomenys naudingi rengiant *A. oxyrinchus* reintrodukcijos valdymo planą ir tobulinant įveisimo strategiją Lietuvoje bei įgyvendinant šios žuvų rūšies reintrodukcijos programą pagal HELCOM veiksmų planą.

## Darbo tikslas ir uždaviniai

**Tikslas** – nustatyti Kauno Tado Ivanausko zoologijos muziejuje saugomų eršketų rūšinę priklausomybę, ištirti aštriašniapių eršketų (*Acipenser oxyrinchus* Mitchill) migraciją, jų mirtingumą Lietuvos didžiosiose upėse, ir paplitimą Kuršių mariose ir Baltijos jūros priekrantės zonoje, siekiant atkurti jų populiaciją.

### Uždaviniai:

1. Atlikti eršketų, eksponuojamų Kauno T. Ivanausko zoologijos muziejuje, ir (2015-2017 metais) įveistų *A. oxyrinchus* jauniklių genetinius tyrimus.
2. Įvertinti transportavimo poveikį įveisiamų *A. oxyrinchus* pagal kraujo rodiklių pokyčius.
3. Ištirti įveisiamų *A. oxyrinchus* šiųmetukų (0<sup>+</sup> m.) ir jauniklių (1 ir 1<sup>+</sup> m.) migraciją ir mirtingumą Nemuno, Neries ir Šventosios upėse.
4. Nustatyti pagrindines *A. oxyrinchus* aptikimo vietas Kuršių mariose ir Baltijos jūros priekrantės zonoje bei įvertinti šių žuvų priegaudą skirtingais verslinės žvejybos įrankiais.
5. Įvertinti *A. oxyrinchus* paplitimą Kuršių mariose ir Baltijos jūros priekrantės zonoje.

## Ginamieji teiginiai

1. Kauno Tado zoologijos muziejuje eksponuojami ir fonduose saugomi eršketai, yra *A. oxyrinchus*, kurie anksčiau klaidingai identifikuoti kaip *A. sturio*.
2. Išleistų *A. oxyrinchus* mikrosatelitinių lokusų genotipavimas leidžia identifikuoti grįžtančius natūraliai neršti individus ir priskirti juos užauginusiems veislynams.
3. Įveisiamų *A. oxyrinchus* jauniklių kraujo rodikliai po transportavimo būna atsistatę po 24 valandų.
4. Įveisiamų *A. oxyrinchus* jauniklių mirtingumas upėse siekia iki 20 % (pirmus 3 mėnesius), o aklimatizacija yra greita (iki 24 valandų).
5. *A. oxyrinchus* šiųmetukų (0<sup>+</sup> m.) migracijos greitis nuo išleidimo vietos iki Šventosios upės žiočių yra artimas šios upės srovės greičiui.
6. *A. oxyrinchus* migruoja pavieniui ir neformuoja migracinių būrių, būdingų daugeliui migruojančių žuvų.
7. Pagrindinės *A. oxyrinchus* aptikimo vietos yra centrinėje Kuršių marių dalyje.
8. *A. oxyrinchus* priegauda gaudyklėmis Kuršių mariose buvo ~ 2 kartus, o Baltijos jūroje ~ 9 kartus mažesnė negu tinklais.

## TYRIMŲ MEDŽIAGA IR METODIKA

Svarbiausi šioje disertacijoje naudojami metodai yra pateikti 1 paveiksle. Išsamesnė informacija apie naudotus metodus pateikta kiekvienoje publikacijoje (I–V).

Tyrimai atlikti su viena žuvų rūšimi – aštriašnapiu eršketu (*Acipenser oxyrinchus*).

Genominė DNR išskirta iš muziejinių eršketų audinių pavyzdžių naudojant universalų DNR išskyrimo iš įvairių audinių metodą (Aljanabi and Martinez, 1997).

Siekiant patikslinti dviejų eršketų individų, saugomų Kauno T. Ivanausko zoologijos muziejuje, rūšinę priklausomybę, atlikta nustatytų kontrolinio regiono fragmentų DNR sekų palyginamoji analizė. Tam tikslui GenBank duomenų bazėje naudojant artimiausių sekų paieškos įrankį BLAST pasirinktos atlantinio eršketo *Acipenser sturio* ir aštriašnapijo eršketo *Acipenser oxyrinchus* kontrolinio regiono sekos (*A. sturio* FN256383; *A. sturio* AJ428274; *A. sturio* FN256380; *Acipenser* sp. EBD8174) bei *Acipenser oxyrinchus* 2014 haplotipų H1; H3; H4; H5; H7 sekos (Popovic et al. 2014), kurias sulyginus su šio tyrimo metu nustatytomis muziejinių eršketų homologinėmis kontrolinio regiono sekomis nustatyta, kad abiejų muziejinių eršketų kontrolinio regiono nukleotidų sekos 100 % sutampa su *Acipenser oxyrinchus* 2014 haplotipo H1 seka.

2014 metais aštriašnapijo eršketo šiųmetukams (0<sup>+</sup>) telemetrijos tyrimams panaudoti Lotek Wireless Inc. implantuojami radijo žymekliai NTQ-2 (dydis 5×3×10 mm, svoris – 0,31 gramo, signalo dažnis – 5 sekundės, apvalkalas – chirurginės plastmasės kapsulė, baterijos tarnavimo laikas 11 dienų), kurie chirurgiškai implantuoti į žuvies pilvo ertmę. 2015 metais buvo pasirinkti truputi didesni ir žymiai galingesni radijo žymekliai NTQ-3-2 (dydis 6×4×16 mm, svoris – 1,10 gramo, signalo dažnis – 5 sekundės, apvalkalas – chirurginės plastmasės kapsulė, garantuotas baterijos tarnavimo laikas 12 dienų), kurių signalo stiprumas geriau tiko lauko tyrimams.

Eršketai radijo žymeklio implantavimo metu anestezuoti 2-fenoksi etanolio tirpalu (0,5 ml/l). Žaizda užsiūta 4/0 storio Polyglactin VICRYL® tirpstančiu chirurginiu siūlu. Siūlės vieta padengta antiseptiniu Methylrosanilini chloridum 2 % vandeniniu tirpalu. Chirurginė operacija truko apie 2–4 minutes.

Aštriašnapijo eršketo jaunikliams (1 ir 1<sup>+</sup>) telemetrijos tyrimams naudoti Lotek Wireless Inc. implantuojami radijo žymekliai NTC\_6-2 (dydis 9,1×30,1 mm, svoris – 4,5 gramo, signalo dažnis – 5 sekundės, apvalkalas –

chirurginės plastmasės kapsulė, baterijos tarnavimo laikas – 210 dienų), kurie chirurgiškai implantuoti į žuvies pilvo ertmę. Radijo žymekliais žymėti Lietuvoje išauginti aštriašnipiai eršketai. Žuvis anestezuotos 2- fenoksi etanolio tirpalu (0,5 ml/l). Žaizda užsiūta 3/0 storio Polyglactin VICRYL® tirpstančiu chirurginiu siūlu. Siūlės vieta padengta Orahesive® (laikina dantų plomba) ir antibiotiko mišiniu.

Po implantacijos žuvis nedelsiant būdavo perkeliama į baseinus, kur jų atsigavimas po anestezijos trukdavo apie 20–30 minučių. Po operacijos visos žuvis buvo laikomos baseinėliuose 7 dienas ir reguliariai tikrinamos ar pjūvio vietoje neprasidėjo infekcija. Visų sužymėtų žuvų pjūvio vietose infekcijos požymių nepastebėta, žaizdos gijo gerai.

Transportavimo poveikis aštriašnipiams eršketams buvo vertinamas pagal šiuos kraujo parametrus: hematocrito lygį (Hct, l/l), hemoglobino koncentraciją (Hb, g/l), raudonųjų kraujo ląstelių kiekį (RBC,  $\times 10^6/\text{mm}^3$ ), baltųjų kraujo ląstelių kiekį (WBC,  $\times 10^3/\text{mm}^3$ ) ir gliukozės koncentraciją (GLU, mmol/l). Taip pat buvo nustatyti ir vandens parametrai: deguonies kiekis (%), vandens temperatūra (T), jo kietumas, pH,  $\text{NO}_2$  ir  $\text{NH}_4$ .

Gliukozės koncentracijos nustatymas – vertinama elektrocheminiu metodu nustatant gliukozės oksidacijos produktus, atsirandančius gliukozės fermentinės oksidacijos metu naudojant specialų prietaisą.

Hematokrito skaičiavimo formulė:

$$\text{Hct (l/l)} = \frac{\text{Raudonųjų kraujo kūnelių tūris}}{\text{Bendras kraujo tūris}} .$$

Bandymo metu buvo naudojami aštriašnipiai eršketai, kurių ikrai atkeliavo iš Lenkijos ir vėliau iki šiųmetukų buvo paauginti Žuvininkystės tarnybos prie LR žemės ūkio ministerijos Vakarų regiono žuvivaisos skyriuje.

2014 m. lapkričio mėn. paaugintos žuvis buvo atgabentos į Gamtos tyrimų centro Žuvų ekologijos laboratoriją ir patalpintos į baseinus. Jų masė svyravo 3–8 g ribose, kūno ilgis buvo 9–12 cm diapazone.

Šiame tyrime buvo naudojami šie stresoriai: žuvies transportavimas skirtingą laikotarpį specialiuose maišuose su deguonimi ir vandeniu, šviesos ir tamsos veiksniai. Manoma, kad jie gali sukelti žuvų stresinę reakciją ir sukelti žuvų kraujo rodiklių pokyčius. Bandymo metu taip pat buvo naudojami keli stresoriai, norint įsitikinti, ar sumuojasi stresorių įtaka žuvis ar ne. Bandymai buvo atliekami tuo pačiu metu, ryte.

Žuvis per kelias minutes buvo ištraukiamos iš akvariumo ar maišo ir nusauginamos. Žuvies kraujas paimamas kuo skubiau, kad žuviai nesukeltų papildomos stresinės reakcijos. Kraujas imamas iš uodeginių kraujo indų (uodeginės venos). Kraujas buvo imamas švirkštu ar stiklinėmis pipetėmis, kurios prieš imant yra praskalaujamos heparinu. Iš švirkšto ar pipetės kraujas išleidžiamas į plastikinį indą, į kurio angeles įlašinamas vandeninis heparino tirpalas, kuris naudojamas kraujo stabilizacijai, kad jis greitai nesukreštų. Kiekvienas kraujo mėginys yra sužymimas, kad būtų žinoma, kuriai žuviai jis priklauso. Po procedūros visos žuvis išgyveno.

Žvejų verslininkų apklausa telefonu buvo naudojama norint įvertinti aštriašnių eršketų sugavimus Kuršių mariose ir Baltijos jūros priekrantės zonoje. Buvo apklausti 74 žvejai verslininkai. Gavome duomenis, kurie buvo visiškai skirtingi, negu oficialiose ataskaitose pateikti žvejų duomenys. Galima daryti prielaidą, kad dėl Lietuvoje taikomų didelių baudų už sugautą aštriašnių eršketą žvejai tiesiog bijo pranešti apie sugavimus AAA arba ŽT.

## REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

### **Hibridizacijos proceso įvertinimas tarp *A. oxyrinchus* ir *A. sturio* rūšių**

Tarp morfologiškai ir genotipiškai panašių *A. oxyrinchus* ir *A. sturio* rūšių lengvai vyksta hibridizacijos procesas. Tiriant *A. oxyrinchus* ir *A. sturio* individus su tais pačiais polimorfiniais mikrosatelitiniais lokusais: *AoxC45*, *AoxD54*, *AoxD161*, *AoxD297*, *Aox45*, *AoxD170*, *AoxD188*, *AoxD234*, *AoxD64*, *AoxD242*, *AoxC27*, *AoxC55*, *AoxC30*, *AoxD186*, *AoxD241*, *Ls-68*, *Ls-62*, pastebėta, kad penkiuose mikrosatelitiniuose lokusuose: *AoxC30*, *AoxD297*, *AoxD242*, *AoxD188*, *AoxD161*, abiejų rūšių alelių ilgai nepersidengia. Todėl šie lokusai galėtų būti naudingi šių rūšių hibridizacijai nustatyti (Panagiotopoulou et al, 2014).

Nelaisvėje augintų individų DNR buvo pagausinta keturiuose mikrosatelitiniuose lokusuose: *AoxC30*, *AoxD297*, *AoxD242*, *AoxD161*. 8-oje lentelėje (psl. 32–33) yra pateikti šių mikrosatelitinių lokusų alelių dydžiai, gauti šiame darbe, bei Panagiotopoulou ir kolegų (2014) gauti *A. oxyrinchus* ir *A. sturio* rūšių alelių dydžiai.

Pagal šiuos penkis lokusus buvo tirti ir du muziejiniai individai – A ir B, saugomi Kauno T. Ivanausko zoologijos muziejuje. Norėta nustatyti, ar šie du individai galėtų būti *A. oxyrinchus* ir *A. sturio* rūšių hibridai. Muziejinio individo A DNR pavyko pagausinti trijuose iš penkių lokusų: *AoxD188*, *AoxD297* ir *AoxD242*. Muziejinio individo B DNR pavyko pagausinti

dviejuose lokusuose: *AoxD188*, *AoxD297*. Gauti alelių dydžių rezultatai yra pateikti 8 lentelėje (psl. 32–33).

Remiantis kontrolinio regiono sekų grupavimo į vieną klasterį kartu su penkiais *A. oxyrinchus* haplotipais NJ dendrogramoje (5 pav., 33 psl.) bei šio klasterio atsiskyrimu nuo keturių skirtingų *A. sturio* atitinkamo regiono sekų, galima teigti, kad tiriamieji muziejiniai eksponatai pagal šį molekulinį žymenį turi būti priskiriami *A. oxyrinchus* rūšiai. Be to, abu muziejiniai eršketų egzemplioriai priklauso labiausiai paplitusiam haplotipui H1.

Remiantis 196 nukleotidų sekų sulyginimu nustatyta, kad H1 haplotipas 42 mutaciniais žingsniais yra nutolęs nuo haplotipo H9, priskiriamo kitai eršketų rūšiai *A. sturio*. Pažymėtina, kad palyginus su vidurūšiniais eršketų kontrolinio regiono skirtumais, kurie varijuoja nuo 1 iki 8 pakaitų tiriamajame 196 nukleotidų sekų fragmente, nustatyti tarprūšiniai skirtumai tarp *A. sturio* ir *A. oxyrinchus* rūšių yra dešimteriopai didesni.

### **Tirtųjų imčių genetinės struktūros palyginimas**

Siekiant palyginti dviejų imčių genetinę struktūrą ir įvertinti tikimybę priskirti tiriamus individus vienai iš tiriamų imčių dėl nustatytų unikalių alelių ir genotipų, būdingų I-jai arba II-jai tiriamosioms imtims, buvo pasinaudota *Structure 2.3.4* programa. Devynių mikrosatelitinų lokusų duomenys ir gauti rezultatai parodė, kad abi imtys turi genetinės struktūros skirtumų, tačiau pagal nustatytus parametrus ir gautas tikimybes abiejų imčių individai buvo priskiriami tai pačiai imčiai.

Taip pat buvo atliekamas tiriamųjų imčių *A. oxyrinchus* populiacijų genetinės struktūros palyginimas (Pažusytė, 2015). Visos trys populiacijos buvo augintos nelaisvėje ir skiriasi tėvinių individų kilme. Pirmąją grupę sudarė 27 individai, atstovaujantys Kanadoje įsikūrusią aštriašnių eršketų dirbtinio auginimo fermą, antrąją – 23 individai, kildinami iš Vokietijoje įsikūrusios fermos, trečiąją – 44 individai, gauti iš Lenkijoje įsikūrusios analogiškos įmonės. Atlikus trijų minimų imčių genetinės struktūros palyginimą analizę pagal devynių mikrosatelitinų lokusų (*AoxC45*, *AoxD54*, *AoxD161*, *AoxD297*, *Aox45*, *AoxD242*, *AoxC30*, *AoxD186*, *AoxD241*) genotipavimo duomenimis, buvo nustatytos tikimybinės reikšmės, leidžiančios priskirti kiekvieną tiriamąjį individą vienai iš trijų populiacijų (skaičiavimai ir grafinis modeliavimas atlikti panaudojus programą *Structure 2.3.4*). Iš 6-tame paveiksle (psl. 34) pateiktos diagramos matyti, kad visos trys populiacijos pasižymi skirtinga genetinė struktūra. Pažymėtina, kad



kuo didesnė spalvos dalis tenka testuojamam individui tuo didesnė tikimybė, kad šis individas galėtų būti priskiriamas vienai iš trijų modeliujamų populiacijų. Tyrimo rezultatai atskleidė, kad pirmoji populiacija genotipiškai vientisa, dalis antrosios populiacijos individų genotipiškai artimesni pirmajai arba galėtų būti identifikuojami kaip hibridinės kilmės, o didžioji dalis trečiosios populiacijos individų (išskyrus du) taip pat priskirtini atskirai, genetiškai savitai grupei.

#### **A. *oxyrinchus* šiūmetukų (0<sup>+</sup>) migracija Šventosios upėje 2014 ir 2015 m.**

Radiškio rėvoje išleistų eršketų radijo signalo greitis buvo 45 signalai per minutę, o išleistų ties Zujais 35 signalai per minutę (7 pav., psl. 35). Kadangi eršketams pritaikyti kiek galima mažesni radijo žymekliai, jų nustatymo galimybės buvo išbandytos natūraliomis sąlygomis. Radijo signalui labai svarbus yra vandens laidumas, kuo jis didesnis, tuo mažesnis signalo stiprumas. Bandymai parodė, kad Šventosios upėje esant vandens laidumui 502–582  $\mu$ S signalo stiprumas buvo pakankamas žymėtos žuvies nustatymui iki 2 metrų gylio, tačiau ir esant didesniam vandens sluoksniui signalas buvo girdimas, tačiau jau neberegistruojamas radijo stotelių automatiškai. Atsižvelgiant į tai buvo pasirinkta mobili eršketų stebėjimo metodika, kai išleistos žuvys buvo sekamos aktyviai plaukiant upe ir iš kranto.

Naudojantis ortofoto nuotraukomis, išmatuotas migracijos atstumas tarp Radiškio rėvos ir išleidimo vietos ties Zujais iki Šventosios žiočių. Atstumas nuo Radiškio rėvos iki Šventosios žiočių yra 57,7 km, o nuo išleidimo vietos ties Zujais iki Šventosios žiočių – 49,1 km.

Visi 20 sužymėtų eršketų per 3 paras išmigravo iš Šventosios upės. Eršketų migracija vyko vandens temperatūrai esant 3,9–4,9 °C. Nė vienas eršketas nežuvo ir netapo plėšrūnų auka. Dėl didesnio vandens gylio ir upės dydžio Neries upėje radijo signalas tapo itin silpnas, todėl migracijos stebėseną toliau buvo neįmanoma. Dauguma eršketų (16 iš 20) iš Šventosios išmigravo per 2 paras. Beveik visų (16 iš 20) eršketų migracijos greitis buvo artimas vidutiniam Šventosios upės srovės greičiui – 0,4 m/s arba 1,44 km/h (9 lentelė, psl. 36–37) ir vidutiniškai buvo 1,39 km/h. Nė vienam eršketui nebuvo užfiksuota priešrovinė migracija. Dauguma eršketų migruoti pasroviui pradėjo tuoj pat po išleidimo ir tik 2 žymėti eršketai netoli išleidimo vietos (0,5 ir 0,7 km) fiksuoti kitą dieną po išleidimo.

Visi išleisti žymėti eršketai migravo pavieniui. Daugumos (16 iš 20) eršketų migracija pasroviui vyko beveik tolygiai, priklausomai nuo srovės

greičio ir tik keturi žymėti eršketai migravo žymiai mažesniu greičiu dėl iki 20 valandų trukusių sustojimų. Visi ilgesni žymėtų eršketų sustojimai fiksuoti smėlėto dugno ir vidutiniškai gausios augalijos vietose.

2014 metų eršketų jauniklių telemetrinių tyrimų rezultatai sutampa su tyrimų rezultatais Lenkijos *Wisłoka* ir *Drwęca* upėse (Kapusta et al., 2009; 2011), kur eršketų jauniklių migracijos greitis buvo priklausomas nuo srovės greičio. Kaip ir mūsų atliktų tyrimų metu, abiejose Lenkijos upėse visi eršketai migravo pavieniui, migracija dažniausiai buvo tolygi, ir tik dalis eršketų sustodavo upėje ilgesniam laikui. Mirtingumas migracijos metu Lenkijos upėse buvo taip pat itin mažas arba jo nebuvo. Lenkijoje eršketų migracijos greitis nepriklausė nuo žuvies dydžio. Smėlėtas gruntas Lenkijos upėse taip pat buvo pasirenkamas kaip svarbiausias buveinės veiksnys ilgesniems eršketų sustojimams. Tačiau skirtingai nei Lietuvoje Lenkijoje stebėta kelių eršketų priešrosvinė migracija.

2015 metų spalio 20 dieną 20 eršketų individų, sužymėtų radijo žymekliais, išleista Šventosioje ties Zujų gyvenvietėje (Š 55.28354, R 24.85395) (8 pav., psl. 38). Pažymėtos žuvys sektos nešiojamais prietaisais (Biotrack Ltd. Sika®) ir automatinėmis stotelėmis (Lotek SRX-400®). Kiekvienas radijo žymeklis turėjo unikalų radijo dažnio kodą, todėl kiekviena žymėta žuvis visą siųstuvo tarnavimo laikotarpį buvo lengvai identifikuojama. Tyrimų metu sužymėta 20 aštriašnių eršketų jauniklių.

2015 metais eršketams buvo pritaikyti truputį didesni ir žymiai galingesni radijo žymekliai, kurie skirtingai nuo 2014 metų Šventosios upėje esant vandens laidumui 498–575 mS buvo pakankami žymėtos žuvies nustatymui iki 2 metrų gylio, ir žymeklio signalo galingumo pakako juos registruoti automatinėmis radijo stotelėmis. Todėl 2015 metais, skirtingai nei 2014 metais, išleistos žuvys buvo sekamos aktyviai iš kranto ir registruojamos automatinėse radijo stotelių fiksuotose vietose (8 pav., psl. 38).

Eršketų jauniklių migracijos tyrimų rezultatai 2015 metais labai skyrėsi nuo 2014 metų. Visi žymėti eršketai žymiai daugiau laiko praleido adaptuodamiesi prie natūralių sąlygų. Pirmą parą po išleidimo visi žymėti eršketai pasklido ~ 1 km upės ruože žemiau išleidimo vietos. Tik praėjus 32–40 valandų po išleidimo, prasidėjo kiek spartesnė eršketų migracija. 2014 metais visi sužymėti eršketai per 3 paras išmigravo iš Šventosios upės, o 2015 metais per 9 paras iš Šventosios upės išmigravo tik 6 eršketai. Taip pat, skirtingai nei 2014 metais, 2015 metais 2 eršketai žuvo tapę lydekų aukomis, o 2-jų žymeklių signalai po išleidimo praėjus daugiau nei parai vėliau nebuvo fiksuoti nė karto. Signalas galėjo būti nefiksuotas dėl žymeklio gedimo, arba eršketai galėjo tapti žuvlesių paukščių aukomis (tyrimų metu Šventosios upėje

buvo gausu didžiųjų dančiasnapių, stebėti keli kormoranų būreliai). Likę 10 žymėtų eršketų per žymeklio baterijos likusį garantinį tarnavimo laikotarpį (9 dienas) iš Šventosios upės neišmigravo (10 lentelė, psl. 39-40). 2015 metais vidutinis eršketų šiųmetukų migracijos greitis buvo statistiškai patikimai mažesnis nei 2014 metais (t-test,  $p < 0,05$ ). Eršketų, kurie išmigravo iš Šventosios upės, vidutinis migracijos greitis buvo 0,54 km/h, o kitų – tik 0,18 km/h. Analizuojant duomenis atskirai 6-ių eršketų, kurie išmigravo iš Šventosios upės, migracijos greitis taip pat statistiškai patikimai skyrėsi (t-test,  $p < 0,05$ ) nuo 2014 metų eršketukų migracijos greičio.

Nepaisant patikimų skirtumų pagal migracijos greitį, 2015 metų eršketų migracijos panašumas, palyginti su 2014 metais, buvo tas, kad nei vienam eršketui 2015 metais nebuvo užfiksuota priešsrovinė migracija.

Tiek 2014, tiek 2015 metais visi išleisti žymėti eršketai migravo pavieniui. Skirtingai nei 2014 metais, 2015 metais eršketų migracija pasroviui vyko labai netolygiai, eršketų greitis atskiruose upės ruožuose labai skyrėsi. Migracijos greitis nebuvo priklausomas nuo eršketų jauniklių dydžio. Kaip ir 2014 metais, eršketų sustojimai fiksuoti smėlėto dugno ir vidutiniškai gausios augalijos vietose.

2014 metų eršketų jauniklių telemetrinių tyrimų rezultatai sutapo su tyrimų rezultatais Lenkijos *Wisłoka* ir *Drwęca* upėse (Kapusta et al., 2009; 2011), kur eršketų jauniklių migracijos greitis buvo priklausomas nuo srovės greičio. Kaip ir mūsų tyrimų 2014 metais metu, abiejose Lenkijos upėse visi eršketai migravo pavieniui, migracija dažniausiai buvo tolygi, ir tik dalis eršketų sustodavo upėje ilgesniam laikui. Mirtingumas migracijos metu Lenkijos upėse buvo taip pat itin mažas arba jo nebuvo. Kaip ir Lietuvoje, Lenkijoje eršketų migracijos greitis nepriklausė nuo žuvies dydžio. Smėlėtas gruntas Lenkijos upėse taip pat buvo pasirenkamas kaip svarbiausias buveinės veiksnys ilgesniems eršketų sustojimams. Skirtingai nei Lietuvoje, Lenkijoje stebėta kelių eršketų priešsrovinė migracija. 2015 metų eršketų migracijos greitis yra išskirtinis ir visai nesutampa nei su 2014 metų rezultatais Lietuvoje, nei su rezultatais, gautais Lenkijoje. Analizuodami biotinius ir abiotinius aplinkos skirtumus 2014 ir 2015 metais, nustatėme, kad patikimai skyrėsi tik upės vandens lygis (tuo pačiu ir srovės greitis) ir debesuotumas. 2015 metais Šventosios srovės greitis buvo statistiškai patikimai mažesnis nei 2014 metais, o saulėtų dienų 2015 metais eršketų išleidimo pradžioje nebuvo. Visi kiti Šventosios upės vandens rodikliai ir kitos abiotinės ir biotinės sąlygos buvo labai panašios 2014 ir 2015 metais. Deja, bet nepavyko rasti mokslinės literatūros, kuri aprašytų tokius eršketų šiųmetukų migracijos skirtumus, todėl mūsų gauti rezultatai, tikėtina, yra unikalūs, tačiau priežastys dar nėra visai

aiškios. Labiausiai tikėtina, kad toks ženklus migracijos skirtumas buvo sukeltas neįprastai žemo vandens lygio ir mažesnio srovės greičio, nes literatūros duomenimis eršketų šiųmetukų migracija koreliuoja su upių srovės greičiu, tačiau 2015 metais eršketų migracijos greitis statistiškai patikimai skyrėsi nuo upės srovės greičio ir buvo neįprastai mažesnis nei 2014 metais, t. y. srovės greičio sulėtėjimas 2015 metais buvo statistiškai patikimai mažesnis nei migracijos greičio skirtumai 2014 ir 2015 metais.

### **A. *oxyrinchus* jauniklių (1 ir 1<sup>+</sup>) migracija Lietuvos upėse**

2013 metų birželio 6 dieną visos sužymėtos žuvys buvo išleistos Šventojoje ties Upninkais ir Neryje ties Vieviu (9 pav. psl. 41). Neries ir Nemuno upėse – trijose vietose: Rusnės miestelyje, Vilkijos miestelyje, o žemiau Jonavos miesto įrengėme dubliuotas automatines stacionarias radijo stoteles, kurios visą tyrimų laikotarpį registravo žymėtas žuvis.

2013 metų tyrimų metu stebėta radijo žymekliais sužymėtų eršketų migracija ir rinkti duomenys apie išoriniais žymekliais (Floy Tag) tipo sužymėtų eršketų sugavimą.

Naudojantis ortofoto nuotraukomis, išmatuotas migracijos atstumas tarp instaliuotų radijo stotelių Vilkijos ir Rusnės miesteliuose yra 163,4 km, tarp žemiau Jonavos miesto esančios radijo stotelės ir Vilkijos – 75,1 km, tarp eršketų išleidimo vietos Šventosios upėje ties Upninkais ir žemiau Jonavos miesto – 23,2 km ir tarp eršketų išleidimo neries upėje ir žemiau Jonavos miesto – 72,9 km.

Taigi bendras stebėtos migracijos atstumas yra 311,4 km Neryje išleistiems žymėtiems eršketams ir 261,7 km Šventosios upėje išleistiems žymėtiems eršketams.

Iš 20 sužymėtų eršketų radijo stotelėmis pavyko užfiksuoti visus 20, iki 2013 metų rugsėjo 15 dienos Kuršių marias pasiekė 16 sužymėtų eršketų. Likę eršketai buvo užfiksuoti žemiau Jonavos instaliuotoje stotelėje, tačiau vienas vėliau nebuvo fiksuotas jokiaje kitoje vietoje, o likę trys – Rusnėje. Dauguma eršketų Kuršių marias pasiekė vasaros laikotarpiu.

Kadangi eršketai buvo suleisti skirtingose vietose ir skirtingu laiku, norėdami korektiškai palyginti duomenis, perskaičiavome migracijos greitį (km per parą) kiekvienam eršketui.

Pirmajame migracijos etape – nuo išleidimo vietos iki radijo stotelės žemiau Jonavos, kaip ir 2012 metais itin skyrėsi eršketų, suleistų Neries ir Šventosios upėse, migracijos greitis.

Antrajame migracijos etape – nuo radijo stotelių žemiau Jonavos iki Vilkijos, skirtumų tarp eršketų, suleistų Neries ir Šventosios upėse, migracijos greičio beveik nebuvo. Panašūs rezultatai gauti ir 2012 metais.

Trečiajame migracijos etape – nuo radijo stotelių Vilkijos miestelyje iki Rusnės, skirtumų tarp eršketų, suleistų Neries ir Šventosios upėse, migracijos greičio nebuvo.

Apibendrinant 2012–2013 metais gautus rezultatus, pasitvirtino 2012 metais iškelta hipotezė, kad skirtingos ekologinės ir hidrologinės upių charakteristikos įtakoja migracijos intensyvumą.

Bendras migracijos intensyvumas buvo žymiai mažesnis – 4,1 km/24 h Šventosios upėje suleistų eršketų (2012 – 6,2 km/24 h) ir 6,1 km/24 h Neries upėje suleistų eršketų (2012 – 13,0 km/24 h). Migracija nuo išleidimo vietos iki Rusnės truko nuo 26 iki 88 parų (vidutiniškai 57 paras).

### **Kuršių marių ir Baltijos jūros priekrantės zonos ženklintų eršketų sugavimas**

Remiantis žvejų apklausa, 2014–2018 m. laikotarpiu Kuršių mariose buvo sugauti mažiausiai 578 eršketai. Tik 0,8 % žvejojančiųjų nesugavo aštriašnių eršketų. Didžioji dalis žvejų fiksavo sugautus eršketus 2011–2013 metų laikotarpiu, būtent tada, kai prasidėjo *A. oxyrinchus* reintrodukcijos darbai Lietuvoje (11 lentelė, psl. 48–49). 2014–2018 m. laikotarpio bendras priegaudos kiekis sudarė 1/8 576 kg. Priegaudos norma netoli Nemuno žemupio ir Kuršių marių centrinėje dalyje buvo 1/6 834 kg, palyginus su 1/11 597 kg šiaurinėje marių dalyje. Pagal žvejus verslininkus, šiaurinėje Kuršių marių dalyje nebuvo sugauta aštriašnių eršketų. Dažniausiai aštriašnipiai eršketai sugaunami 3,2 m gylyje esant smėlėtam ar akmenuotam substratui. 2018 m. buvo sugauti mažiausiai 107 aštriašnipiai eršketai, o 2017 m. – 92 vnt. Iš jų – 158 egzemplioriai buvo sugauti statomaisiais tinklais ir 41 vnt. – su gaudyklėmis. 30,8 % žvejų verslininkų pareiškė, kad niekada nepagavo eršketų gaudyklėmis, nepaisant to, kad naudojo šiuos žvejybos įrankius. Eršketų priegauda gaudyklėmis 2017–2018m. (1/15 769 kg) buvo beveik dvigubai didesnė nei priegauda statomaisiais tinklais (1/8 039 kg), o priegauda mariose sudarė 1/10 405 kg ir 1/8 040 kg, atitinkamai 2017 ir 2018 metais.

Tik 26,6 % žvejų verslininkų pareiškė, kad eršketų priegauda mažėja, o dauguma buvo įsitikinę, kad eršketų skaičius didėja (37,2 %) arba išlieka toks pat (35,4 %). Daugiausiai Kuršių marių dalyje sugaunama eršketų rudenį

(90,8 %), o žiemos sezonu nė vieno eršketo nebuvo sugauta. Kuršių mariose daugiausiai sugautų erškėtų svoris svyravo nuo 0,5 iki 1,0 kg, o du didžiausi egzemplioriai svėrė apie 2,5 kg. Pagrindinis žvejojimo įrankis, kuriuo buvo sugauta daugiausiai erškėtų, – statomieji tinklai su 45–70 mm akytumu. Tik 4,4 % žvejų verslininkų Kuršių mariose nepagavo ženklinto eršketo, o pirmasis pažymėtas egzempliorius buvo sugautas 2012 m. Apklausa parodė, kad 2014–2018 m. buvo sugauta mažiausiai 90 vnt. paženklintų erškėtų, tačiau 2018 m. – tik 3 vnt. Visi sugautieji eršketai su išorinio tipo žymekliais buvo Lietuviškos kilmės, išskyrus du atvejus. Vienas eršketas sugautas su žymekliu, kuris naudojamas erškėtams žymėti Lenkijoje ar Vokietijoje, o vienas – su aliuminine plokštele su kirilicos simboliais, greičiausiai naudojama erškėtams, laikomiems nelaisvėje Kaliningrado srityje, Rusijoje.

Apklausoje duomenimis, 2014–2018 m. laikotarpiu Baltijos jūroje buvo sugauta mažiausiai 415 erškėtų. Tik 0,9 % visų žvejojančiųjų verslininkų Baltijos jūros priekrantės zonoje niekada nesugavo aštriašnipio eršketo. Panašiai kaip ir Kuršių mariose, dauguma žvejų verslininkų (63,3 %) pirmąjį erškėtą Baltijos jūroje pagavo 2011–2013 m., iškart po erškėtų atkūrimo programos pradžios (11 lentelė, psl. 48–49). Kai kurios žvejų verslininkų organizacijos (12,7 %) pirmuosius erškėtus pagavo prieš prasidedant aštriašniپیų erškėtų atkūrimo programai Lietuvoje. Bendra priegauda 2014–2018 m. buvo 1/5 197 kg vienam erškėtui. Priegauda žvejojimo rajonuose, esančiuose į šiaurę nuo Klaipėdos uosto, sudarė 1/4 938 kg vienam erškėtui, o priegauda žvejojimo rajonuose į pietus nuo Klaipėdos uosto sudarė 1/9 305 kg vienam erškėtui. Įmonės, kurios niekada nepagavo erškėtų, žvejojo žvejojimo rajonuose į pietus nuo Klaipėdos sąsiaurio. Dažniausiai aštriašniپیai eršketai sugaunami 6,9 m gylyje, tačiau vienas žvejys nurodė, kad buvo sugavęs erškėtą 15–20 metrų gylyje. Visi žvejai verslininkai nurodė, kad panašiai kaip Kuršių mariose Baltijos jūros erškėtams labiausiai patinka smėlėtas ir akmenuotas substratas.

2018 m. buvo sugauti mažiausiai 58 eršketai, o 2017 m. – 71 eršketas. Iš jų 103 egzemplioriai buvo sugauti statomaisiais tinklais ir 26 vnt. su gaudyklėmis. 32,0 % žvejų verslininkų pareiškė, kad niekada nepagavo erškėtų gaudyklėmis, nepaisant to, kad naudojo šiuos žvejojimo įrankius. Erškėtų priegauda gaudyklėmis 2017–2018 m. (1/28 807 kg) buvo daugiau nė 8 kartus didesnė nei priegauda statomaisiais tinklais (1/3 314 kg), o priegauda Baltijos jūros priekrantės zonoje sudarė 1/7 069 kg ir 1/10 289 kg, atitinkamai 2017 ir 2018 metais.

Apklausa parodė, kad erškėtų priegaudos tendencija visiškai kitokia nei Kuršių mariose, nes tik 9,4 % žvejų verslininkų buvo įsitikinę, kad erškėtų

kiekis didėja, o dauguma nurodė, kad kiekis išliko toks pat kaip ir buvo (64,0 %) arba sumažėjo (23,7 %). Žvejų verslininkų teigimu, ruduo pats tinkamiausias metas gaudyti eršketus Baltijos jūros priekrantės zonoje (90,8 %), o žiemos sezoną paminėjo tik viena įmonė. Baltijos jūroje daugiausia sugautų eršketų svėrė nuo 1,0 iki 2,0 kg, o didžiausias užfiksuotas egzempliorius buvo ~ 12 kg. Statomieji tinklai, kurių akies skersmuo 50–70 mm, buvo nurodyti kaip pagrindiniai aštriašnių eršketų žvejybos įrankiai (68,5 %). Žvejų verslininkų dalis (22,4 %) negalėjo nurodyti efektyvių aštriašnių eršketų žvejybos įrankių. Tik 2 % žvejų verslininkų Baltijos jūroje nepagavo pažymėtų eršketų, o pirmasis pažymėtas egzempliorius buvo sugautas 2012 m. Apklausa parodė, kad 2014–2018 m. laikotarpiu buvo sugauti mažiausiai 57 pažymėti egzemplioriai, tačiau 2018 m. – tik 4 vnt. Remiantis žvejų verslininkų apklausa, septyni žymėti eršketai buvo svetimos kilmės – šeši su žymekliais, kurie naudojami eršketams žymėti Lenkijoje arba Vokietijoje, o viena žuvis sugauta su nežinomos kilmės vidine antena.

## IŠVADOS

1. Remiantis mtDNR molekulinį tyrimų rezultatais, Kauno Tado Ivanausko zoologijos muziejuje eksponuojami ir saugomi fonduose eršketai (sugauti 1960 m. Baltijos jūroje), kurie anksčiau klaidingai identifikuoti kaip *A. sturio*, priskirti *A. oxyrinchus* rūšiai. Galimos hibridizacijos pėdsakų tirtuose muziejiniuose eksponatuose (*A. sturio* ir *A. oxyrinchus*) neaptikta.
2. Įveisiamų *A. oxyrinchus* šiųmetukų (0<sup>+</sup> m.) genotipavimas, remiantis trylikos lokusų duomenimis, leidžia identifikuoti eršketų kilmę ir auginimo vietą (žuvininkystės veislynus) tiriant grįžtančių į nerštavietes eršketų DNR mėginius.
3. Paveikus *A. oxyrinchus* jaunikius stresiniu veiksniumi (transportavimu), nustatyta, kad jų kraujo rodikliai (hematokrito lygis, raudonųjų ir baltųjų kraujo ląstelių kiekis ir gliukozės koncentracija) būna atsistatę po 24 valandų.
4. Nustatyta, kad įveisti *A. oxyrinchus* šiųmetukai (0<sup>+</sup> m.) ir jaunikliai (1 ir 1<sup>+</sup> m.) Nemuno, Neries ir Šventosios upėse migruoja pavieniui upės srovės greičiu ir neformuoja migracinių būrių, būdingų daugeliui kitų migruojančių žuvų rūšių.
5. Pagal žvejų verslininkų apklausos ir komercinės žvejybos duomenis, nustatyta, kad *A. oxyrinchus* dažniausiai sugaunami centrinėje Kuršių marių dalyje. Taip pat nustatyta, kad žvejybos priegauda eršketams Kuršių mariose gaudyklėmis buvo apie du kartus, o Baltijos jūroje apie devynis kartus mažesnė negu tinklais.
6. Įveisiamų *A. oxyrinchus* jaunikių mirtingumas nuo išleidimo vietos iki Kuršių marių siekė 20 % (pirmus 3 mėnesius).



## REFERENCES

1. Aljanabi, S. M., Martinez, I. (1997). Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques. *Nucleic Acids Research* 25 (22): 4692–4693 DOI: 10.1093/nar/25.22.4692
2. Anon. (1995). *Gulf Sturgeon recovery plan*. US Fish and Wildlife Services and Gulf States Marine Fisheries Commission. Atlanta, Georgia: 170 pp.
3. Bani, A., Tabarsa, M., Falahatkar, B., Banan, A. (2009). Effects of different photoperiods on growth, stress and haematological parameters in juvenile great sturgeon *Huso huso*. *Aquaculture Research*, 40, 1899–1907. doi: 10.1111/j.1365–2109.2009.02321.x.
4. Billard, R., Lecointre, G. (2001). Biology and conservation of sturgeon and paddlefish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 10 (4): 355–392. DOI: 10.1023/A:1012231526151
5. Birstein, V. J. (1993). Sturgeons and Paddlefishes: Threatened Fishes in Need of Conservation. *Conservation Biology*, 7(4), 773–787. <http://www.jstor.org/stable/2386809>
6. Birstein V.J., Bemis W.E., Waldman J.R. (1997) The threatened status of acipenseriform species: A summary. *Sturgeon Biodiversity and Conservation. Developments in Environmental Biology of Fishes*, vol 17. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/0-306-46854-9\\_33](https://doi.org/10.1007/0-306-46854-9_33)
7. Birstein V.J. (1997a) Threatened fishes of the world: *Pseudoscaphirhynchus spp. (Acipenseridae)*. *Sturgeon Biodiversity and Conservation. Developments in Environmental Biology of Fishes*, vol 17. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/0-306-46854-9\\_26](https://doi.org/10.1007/0-306-46854-9_26)
8. Birstein, V. J., Doukakis P. (2000). Molecular analysis of *Acipenser sturio* L., 1758 and *Acipenser oxyrinchus* Mitchill, 1815: A review. *Boletín. Instituto Español de Oceanografía* 16 (1–4): 61–73.
9. Bogacka-Kapusta, E., Wiszniewski, G., Duda, A., Kapusta, A. (2011). Feeding of hatchery-reared juvenile Atlantic sturgeon, *Acipenser oxyrinchus* Mitchill, released into the Drwęca River. *Archives of Polish Fisheries*, 19(3), 113–117. doi: 10.2478/v10086-011-0013-8.
10. Bonne, G. (1905). Die Vernichtung der deutschen Flußfischerei durch die Verunreinigung unserer Gewässer mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse auf der Unterelbe. *Zeitschrift für Fischkunde*. 12, 1–28.
11. Bukelskis, E., Kublickas, A. (1988). Ichtiologijos laboratoriniai darbai [Laboratory studies in ichthyology]. VVU poligrafijos laboratorija, Vilnius, 75 pp (in Lithuanian).

12. Chauhan, T. and Rajiv, K. (2010) Molecular markers and their applications in fisheries and aquaculture. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 1, 281–291. doi: 10.4236/abb.2010.14037.
13. Debus, L. (1995). Historic and recent distribution of *Acipenser sturio* in the North Sea and Baltic Sea. In: Proceedings of the International Symposium on Sturgeons (September 6–11, 1993). A. D. Gershanovich and T. I. J. Smith (eds.): 215–224. VNIRO. Moscow.
14. Debus, L. (1996). The decline of the European sturgeon *Acipenser sturio* in the Baltic and North Sea. In A. Kirchhofer, & D. Hefti (Eds.), Conservation of endangered freshwater fish in Europe (pp. 147–156).
15. Birkhäuser Basel: ALS Advances in Life Sciences.
16. Elvira, B., Almodovar, A. (1993). Notice about the survival of sturgeon (*Acipenser sturio* L., 1758) in the Guadalquivir estuary (S.W. Spain). *Arch. Hydrobiol.* 129, 253–255.
17. Elvira, B., Almodovar, A., Lobon-Cervia, J. (1991). Sturgeon (*Acipenser sturio*) in Spain. The population of the river Guadalquivir: a case history and a claim for a restoration program. pp. 337–347. In: P. Williot (ed.) *Acipenser*, Cemagref Publ., Bordeaux.
18. Eslamloo, K., Falahatkar, B. (2014). Variations of some physiological and immunological parameters in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869) subjected to an acute stressor. *J Appl Anim Welf Sci* 17, 29–42. doi: 10.1080/10888705.2014.856243.
19. Froese, R., Pauly, D. (2001). Fishbase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org). Accessed 12 November 2019.
20. Galhardo L., Oliveira, R.F. (2009). Psychological Stress and Welfare in Fish. *Annual Review of Biomedical Sciences*, 11, 1–20. doi: 10.5016/1806-8774.2009v11p1.
21. Gessner J., Arndt G-M., Kapusta A., Shibayev S., Gushin A., Pilinkovskij A., Povliūnas J., Medne R., Purvina S., Tambets M., Rask Möller P. (2018) HELCOM-Action Plan for the protection and recovery of Baltic sturgeon *Acipenser oxyrinchus oxyrinchus* in the Baltic Sea area.
22. Gessner J., Arndt G-M., Kapusta A., Shibayev S., Gushin A., Pilinkovskij A., Povliūnas J., Medne R., Purvina S., Tambets M., Rask Möller P. (2019) HELCOM Action Plan for the Protection and Recovery of the Baltic Sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*) for the period of 2019–2029.

23. Gessner, J., Ritterhoff, J. (eds.) (2004). Species differentiation and population identification in the sturgeons *Acipenser sturio* L. and *Acipenser oxyrinchus*. BfN-Skripten 101.
24. Holčík, J. (ed.). (1989). The Freshwater Fishes of Europe 1 (II). General Introduction to Fishes, *Acipenseriformes*. AULA Verlag. Wiesbaden: 469 pp.
25. Ivanauskas T., ir kt. (1956). Lietuvos gėlųjų vandenų žuvys. Valstybinė politinės ir mokslinės literatūros leidykla, 238-239 pp.
26. Kapusta, A., Michał, S., Arkadiusz, D., Jacek, M., Ryszard, K. (2011). Distribution and growth of juvenile Atlantic sturgeon released into the Drwęca and Wisłoka rivers (Poland). *Fisheries & Aquatic Life*, 19 (2), 2011, 69–76. <https://doi.org/10.2478/v10086-011-0008-5>.
27. Kapusta, A., Morzuch, J., Duda A., Wiszniewski, G., Kolman, R. (2009). Implantacja nadajników telemetrycznych u ryb. Jak to robimy u juwenalnych jesiotrów. *Komunikaty Rybackie* 2(109): 6–9.
28. Kesminas, V., Svecevičius, G., Stakėnas, S. (2010). Atlantinio eršketo (*Acipenser oxyrinchus* Mitchill) populiacijos atkūrimo Lietuvos vandenyse programa. Mokslinė ataskaita. Vilnius. P. 26.
29. Kesminas, V. (2011). Ką mes žinome apie atlantinį ir amerikinį erškėtą: *Acipenser sturio* L. ir *Acipenser oxyrinchus* Mitchill. Aplinkos ministerija. Invazinių rūšių komisija. Lietuvos RK komisija. 2011. 02. 23; 2011. 04.06.
30. Lebedev, V.D. (1960). Presnovodnaja četvertichnaja ihtiofauna Evropejskoj chasti SSSR. Moscow.
31. Lepage, M. and E. Rochard, 1995. Threatened fishes of the world: *Acipenser sturio* Linnaeus, 1758 (*Acipenseridae*). *Environ. Biol. Fishes* 43(1):28.
32. Leppäranta, M., & Myrberg, K. (2009). Physical oceanography of the Baltic Sea (378 pp.). Berlin: Springer.
33. Ludwig, A., Debus, L., Lieckfield, D., Wirgin, I., Benecke, N., Jenneckens, I., Williot, P., Waldman, J.R., Pitra, C. (2002). When the american sea sturgeon swam east. *Nature* 419: 447–448.
34. Ludwig, A., Debus, L., Lieckfeldt, D., Wirgin, I., Benecke, N., Jenneckens, I., Williot, P., Waldman, J. R., Pitra, C. (2002). When the American sea sturgeon swam east. *Nature* 419 (6906): 447–448. DOI: 10.1038/419447a
35. Makowiecki, D. (2003). Historia ryb i rybołówstwa w holocenie na Niziu Polskim w świetle badań archeoichtiologicznych. Instytut Archeologii i Etnologii Polskiej Akademii Nauk, Poznań.

36. Mamcarz, A. (2000). Decline of the Atlantic sturgeon *Acipenser sturio* L., 1758 in Poland: An outline of problems and prospects. *Boletín Instituto Español De Oceanografía*, 16, 191–202.
37. Paaver, T. (1999). Historic and recent records of native and exotic sturgeon species in Estonia. *Journal of Applied Ichthyology* 15 (4–5): 129–132. DOI: 10.1111/j.1439-0426.1999.tb00221.x
38. Panagiotopoulou, H., Popović, D., Zalewska, K., Weglenski, P., Stankovic, A. (2014). Microsatellite multiplex assay for the analysis of Atlantic sturgeon populations. *Journal of Applied Genetics* 55 (4): 505–510. DOI: 10.1007/s13353-014-0216-y.
39. Pažusytė, A. (2015). Lietuvoje atkuriamos *Acipenser oxyrinchus* populiacijos genetinės struktūros tyrimas panaudojant molekulinis DNR žymes. Molekulinės biologijos bakalauro darbas.
40. Peng, Y., Shi, G.R., Gao, Y., He, W., Shen, S. (2007). How and why did the Lingulidae (*Brachiopoda*) not only survive the end-Permian mass extinction but also thrive in its aftermath? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 252 (1), 118–131. doi:10.1016/j.palaeo.2006.11.039.
41. Popović, D., Panagiotopoulou, H., Baca, M., Stefaniak, K., Mackiewicz, P., Makowiecki, D., King, T. L., Gruchota, J., Weglenski, P., Stankovic, A. (2014). The history of sturgeon in the Baltic Sea. *Journal of Biogeography* 41 (8): 1590–1602. DOI: 10.1111/jbi.12307
42. Program of *A. oxyrinchus* reintroduction in Lithuania in years 2012–2020 [Aštriašnių eršketų populiacijos atkūrimo Lietuvoje 2012–2020 m. programa]. *Valstybės žinios*, 55 (2741). Retrieved from <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalActPrint?documentId=TAR.A09EBA1DA34A>.
43. Rafatnezhad, S., Falahatkar, B., Gilani, M.H.T. (2008). Effects of stocking density on haematological parameters, growth and fin erosion of great sturgeon (*Huso huso*) juveniles. *Aquac. Res.* 39, 1506–1513. doi: 10.1111/j.1365-2109.2008.02020.x.
44. Ragauskas, A., Butkauskas, D., Sruoga, A. et al. (2011). *Anguilla anguilla* ir *A. japonica* individų rūšinės priklausomybės nustatymas molekulinio metodu, pagrįstu mtDNR D-kilpos regiono homologių sekų analize. *Veterinarija ir Zootechnika*. 55 (77), 47–52. 6p.
45. Vázquez, R.G., Guerrero, G., A. Characterization of blood cells and hematological parameters in *Cichlasoma dimerus* (Teleostei, Perciformes). *Tissue Cell*. 2007 Jun;39(3):151–60. doi: 10.1016/j.tice.2007.02.004. Epub 2007 May 2. PMID: 17477946.

46. Rochard, E., Castelnaud, G., Lepage, M. (1990). Sturgeons (Pisces: Acipenseridae); threats and prospects.: Journal of Fish Biology [J. FISH BIOL.], vol. 37, no. suppl. A, pp. 123–132.
47. Schirmer, M. (1994). Ökologische Konsequenzen des Ausbaus der Ästuarie von Elbe und Weser. In: Lozán, J.L., Rachor, E., Reise, K., Westernhagen, H. v. and Lenz, W. (Eds.). Warnsignale aus dem Wattenmeer. Blackwell, Berlin, pp. 164–171,
48. Stakėnas, S., Pilinkovskij, A. (2019). Migration patterns and survival of stocked Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus* Mitchell, 1815) in Nemunas Basin, Baltic Sea. J Appl Ichthyol. 2019;35:128–137.
49. Svobodová, Z., Kaláb, P., Dušek, L., Vykusová, B., Kolářová, J., Janoušková, S. (1999). The Effect of Handling and Transport of the Concentration of Glucose and Cortisol in Blood Plasma of Common Carp. Acta Vet. Brno. 68, 265–274. <https://doi.org/10.2754/avb199968040265>.
50. Timmermanns, G., Melchers, M. (1994). De steur in Nederland. Natura 7, 155–158.
51. Virbickas, J. (1992). Lietuvos retosios žuvys. Vilnius. 148 pp.
52. Virbickas, J. (2005). Žuvų pavadinimų žodynas (631 p.). Vilnius: Vilniaus universiteto Ekologijos instituto leidykla.
53. Volz, J., De Groot, S.J. (1992). Erster Nachweis des Störs (*Acipenser sturio*) im niederländischen Rhein seit 40 Jahren. Fischökologie, 6, 3–6.
54. Williot, P., Rochard, E., Desse-Berset, N., Kirschbaum, F., Gessner, J. (eds.) (2011). Biology and conservation of the European sturgeon *Acipenser sturio* L. 1758. The reunion of European and Atlantic sturgeons. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York. DOI: 10.1007/978-3-642-20611-5
55. Williot, P., Rochard, E., Castelnaud, G. et al. Biological characteristics of European Atlantic sturgeon, *Acipenser sturio*, as the basis for a restoration program in France. *Environmental Biology of Fishes* 48, 359–370 (1997). <https://doi.org/10.1023/A:1007392904240>
56. Williot P, Brun R, Pelard M, Mercier D (2000) Unusual induced maturation and spawning in an incidentally caught pair of adults of the critically endangered European sturgeon *Acipenser sturio* L. J Appl Ichthyol 16(6):279–281.
57. Witeska M (2005). Stress in fish hematological and immunological effects of heavy metals. *Electronic J. Ichthyol.* 1:35–41.
58. Zarejabad, A.M., Sudagar, M., Poralimotlagh, S. et al. (2010). Effects of rearing temperature on hematological and biochemical parameters of

great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1758) juvenile. *Comp Clin Pathol*,  
19, 367–371. <https://doi.org/10.1007/s00580-009-0880-1>.

## ACKNOWLEDGEMENTS

I sincerely thank to my scientific consultant, Dr. Vytautas Kesminas, for moral support and constant motivation during preparation of this work, for patience, care, attention, friendliness, understanding, valuable advice and assistance in every year of research and in preparing this dissertation. I greatly appreciate everything I learned from respectful Dr. V. Kesminas.

I am grateful to a scientist Dr. Dalius Butkauskas, for technical assistance, valuable advice and critical remarks. His consultations and recommendations helped me conduct research and prepare this doctoral dissertation.

I would like to thank my co-authors Dr. Nijolė Kazlauskienė, Dr. Zita Milda Vosyliienė, Dr. Adomas Ragauskas, Prof. Dr. Hab. inž. Dorota Katarzyna Fopp-Bayat, Justas Poviliūnas and others for cooperation and versatile help in this not easy way of writing scientific articles.

My special thanks are due to R. I. P. Dr. Saulius Stakėnas for sharing experience, recommendations and valuable advice in mastering the subtleties of radio and acoustic telemetry.

My thanks also go to a librarian Audrė Trumpienė for assistance in collecting scientific literature and analysis of journals.

I am grateful to the team of the Laboratory of Fish Ecology for cooperation, patience, understanding and help in preparing this dissertation.

I am very grateful to my family members and closest friends for their love, understanding, unconditional assistance, support and patience during all these years.

**MANY THANKS to all of you!!!**

## COPIES OF PUBLICATIONS

### I

#### **Hematological effects of transportation stress on Atlantic sturgeon *Acipenser oxyrinchus* Mitchill L. 1815**

**Pilinkovskij A**, Vosylienė M.Z, Kazlauskienė N, Jakubauskaitė J (2017)  
Journal of Applied Ichthyology 33 (5): 1021-1023.



Hematological effects  
of transportation stre:

### II

#### **Migration patterns and survival of stocked Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus* Mitchill, 1815) in Nemunas Basin, Baltic Sea.**

Stakėnas S, **Pilinkovskij A** (2019)  
Journal of Applied Ichthyology 35 (1): 128-137.



Migration patterns  
and survival of stocke

### III

#### **Genetic characterization of Atlantic sturgeon stocking material used in Lithuania to restore the Baltic Sea population.**

Butkauskas D, **Pilinkovskij A**, Ragauskas A, Kesminas V, Fopp-Bayat D  
(2019)  
Journal of Acta Ichthyologica et Piscatoria 49 (3): 251–256.



Genetic  
characterization of Atl



#### IV

### **Survey-based assessment of recapture data for Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*) in Lithuanian fisheries.**

Stakėnas S, **Pilinkovskij A**, Poviliūnas J (2021)

Journal of Boreal Environment Research 26: 117-128.



Survey-based  
assessment of recapt

#### V

### **Realization of the Project for *Acipenser oxyrinchus oxyrinchus* Restoration in the Basin of the Neman River**

A. Gushchin, R. Kolman, V. Gečys, **A. Pilinkovskij**, I. Lysanskiy,

M. Szczepkowski, S. Stakėnas (2013)

Journal of Ichthyology 12; 53(11):937-943



Realization of the  
Project for Acipenser

## Prepared program

HELCOM-Action Plan for the protection and recovery of Baltic sturgeon  
*Acipenser oxyrinchus* in the Baltic Sea area.

Jörn Gessner, Gerd-Michael Arndt, Andrzej Kapusta, Sergey Shibayev,  
Alexey Gushin, **Andrej Pilinkovskij**, Justas Povliūnas, Ruta Medne, Santa  
Purvina, Meelis Tambets, Peter Rask Möller (2018)

HELCOM 40-2019, 3-4

# HELCOM-Action Plan



for the protection and recovery of the Baltic  
sturgeon *Acipenser oxyrinchus*

Action Plan for the period of 2018 - 2028

State 25 September 2018

This Action Plan was drafted and compiled by the members of the HELCOM PG on Baltic sturgeon restoration in response to a request by HELCOM habitat in 2014 to provide a harmonized outline for the restoration works to bring back the locally extinct Baltic sturgeon (*A. oxyrinchus*).

Authors: Jörn Gessner<sup>1,2</sup>, Gerd-Michael Arndt<sup>3,4</sup>, Andrzej Kapusta<sup>5</sup>, Sergey<sup>6</sup>, Alexey Gushin<sup>6</sup>, Andrej Pilinkovskij<sup>7</sup>, Justas Povliūnas<sup>7</sup>, Ruta Medne<sup>8</sup>, Santa Purvina<sup>8</sup>, Meelis Tambets<sup>9</sup>, Peter Rask Möller<sup>10</sup>

Editor: Jörn Gessner



1

**The PG members are:**

Chair: Jörn Gessner, Leibniz-Institute for Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Berlin, Germany and Society to Save the Sturgeon e.V., Rostock, Germany

**National representatives:**

Gerd-Michael Arndt, Regional Research Institute for Agriculture and Fisheries Mecklenburg-Vorpommern, Rostock, Germany

Andrzej Kapusta<sup>4</sup>, Stanisław Sakowicz Inland Fisheries Institute, Olsztyn, Poland

Sergey Shibayev<sup>5</sup>, Kaliningrad State University, Kaliningrad, Russian Federation

Alexey Gushin<sup>6</sup>, Atlantic Branch of the Institute of Oceanology of Russian Academy of Science, Kaliningrad, Russian Federation

Justas Poviliūnas<sup>7</sup>, Fisheries Service under the Ministry of Environmental Protection and Agriculture, Vilnius, Lithuania

Andrzej Piłinkovskij<sup>7</sup>, Fisheries Service under the Ministry of Environmental Protection and Agriculture, Vilnius, Lithuania

Ruta Medne<sup>8</sup>, Institute of Food Safety, Animal Health and Environment BIOR, Riga, Latvia

Santa Purvina<sup>8</sup>, Institute of Food Safety, Animal Health and Environment BIOR, Riga, Latvia

Meelis Tambets<sup>9</sup>, Wildlife Estonia, Tartu, Estonia

Peter Rask Möller<sup>10</sup>, State Museum for Natural History, Copenhagen, Denmark

The PG for the restoration of the Baltic Sea sturgeon was temporarily supported by Marco Millardi (PhD) from the HELCOM Secretariat.

To be cited: Gessner *et al.* (2018) HELCOM-Action Plan for the protection and recovery of Baltic sturgeon *Acipenser oxyrinchus oxyrinchus* in the Baltic Sea area



<a href="#">6.8. Neva River</a> .....	32
<a href="#">6.9. Volchov River</a> .....	33
<a href="#">7. Legal status of <i>A. oxyrinchus</i></a> .....	34
<a href="#">7.1. IUCN Status</a> .....	34
<a href="#">7.2. Washington Convention/CITES (1973)</a> .....	34
<a href="#">7.3. Bern Convention</a> .....	34
<a href="#">7.4. Convention on Migratory Species (CMS)</a> .....	35
<a href="#">7.5. The Convention on the Protection of the Marine Environment of the Baltic Sea (Helsinki Commission /HELCOM)</a> .....	36
<a href="#">7.6. Council Directive 92/43/EEC on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora</a> .....	36
<a href="#">7.7. Action Plan for nature, people and the economy</a> .....	37
<a href="#">7.8. EU Water Framework Directive (WFD) (Directive No. 2000/60/EC of 23 October 2000)</a> .....	37
<a href="#">7.9. The Marine Strategy Framework Directive</a> .....	38
<a href="#">7.10. Community regulation concerning Common Fisheries Policy (CFP)</a> .....	39
<a href="#">7.11. Council Resolution concerning alien and locally absent species</a> .....	39
<a href="#">7.12. .... Communication from the Commission: Our life insurance, our natural capital: an EU Biodiversity Strategy to 2020 (COM(2011) 244)</a> .....	39
<a href="#">7.13. Macroregional Strategies</a> .....	40
<a href="#">7.14. National protection status</a> .....	40
<a href="#">8. Population remediation strategy</a> .....	40
<a href="#">8.1. Ex situ measures</a> .....	42
<a href="#">8.2. In situ measures</a> .....	46
<a href="#">8.3. Administrative prerequisites</a> .....	57
<a href="#">9. References</a> .....	63
<a href="#">10. Appendices</a> .....	72
<a href="#">10.1. .... Appendix 1: Table containing an overview on the Objectives, Actions, priority and timeline of conservation actions</a> .....	72
<a href="#">10.2. Appendix 2: Status of <i>A. oxyrinchus</i> according to DG Environment (2014)</a> .....	92

## - Content

<b>1. Executive Summary</b>	5
<b>2. Introduction</b>	7
<b>3. Description of the species</b>	9
<b>3.1. Zoogeography</b>	10
<b>3.2. Morphology</b>	11
<b>3.3. Meristics</b>	12
<b>3.4. Peculiarities</b>	12
<b>3.5. Coloration</b>	12
<b>3.6. Differentiation from other species in the region</b>	12
<b>3.7. Genetics</b>	14
<b>3.7.2. Microsatellites</b>	15
<b>3.8. Characterization of broodstock and offspring</b>	15
<b>4. Life history and habitat links</b>	16
<b>4.1. Life-cycle</b>	16
<b>4.2. Diet</b>	16
<b>4.3. Size and growth</b>	17
<b>4.4. Sexual Maturity</b>	17
<b>4.5. Spawning</b>	17
<b>4.6. Habitat requirements</b>	18
<b>4.7. Larval development</b>	18
<b>4.8. Juveniles and subadults</b>	18
<b>4.9. Water quality (Temperature, Oxygen, Toxins)</b>	19
<b>5. Past range in the Baltic range states</b>	19
<b>5.1. Past range</b>	19
<b>5.2. Reasons for decline, and drawbacks for population recovery</b>	21
<b>5.3. Mitigation options</b>	26
<b>6. Catchment status</b>	27
<b>6.1. Oder River</b>	27
<b>6.2. Vistula River</b>	28
<b>6.3. Pregelva, Anzraop</b>	29
<b>6.4. Nemunas River with Neris and Šventoji rivers</b>	30
<b>6.5. Rivers Venta and Daugava</b>	31
<b>6.6. Narva River</b>	32
<b>6.7. Luga River</b>	32

- Nemunas River with Neris and Šventoji rivers

In Lithuania Nemunas River (Figure 10) and two of its tributaries were chosen for sturgeon introduction based on historical data and present ecological and habitat status – Neris and Šventoji River. The Nemunas River system has a catchment area of 97,928 km<sup>2</sup> of which 47.7 % belong to Lithuania, 46.4 % to Belarus, 3.2 % to Russia, 2.6 % to Poland and 0.1 % to Latvia. The main tributary is the Neris River, which contributes approximately 33 % of the total flow. Lower part of Nemunas still provides floodplains, backwaters and side channels. Large stretches of the river-system are freely accessible (in Nemunas River 230 km with additional 400 km in Neris River and 100 km in Šventoji River). Today, upper reaches of Nemunas river are excluded because of Kaunas Hydropower plant (230 km from lagoon, 280 km from sea) however good condition historical spawning sites are accessible in middle and lower reaches of Neris River and in lower reaches of Šventoji River (Virbickas 2000). Suitable substrates are still dominant in many stretches of mentioned river parts. Both rivers are under Natura 2000 protection status and this together with absence of commercial navigation and improving ecological status provides strong background for sturgeon restoration success in Lithuania (Environmental Protection Agency 2017).

The release sites in the Šventoji River are located 275 km and the Neris River 326 km from the Curonian Lagoon. No dams or other significant migration barriers block the migration of the fish downstream. In Nemunas basin 116,500 sturgeons were released until 2017 starting from 2010 with 4,646 specimens tagged with Floy® T-Bar Anchor Tags or radio tags. First years of sturgeon reintroduction highlighted that commercial fishing in Curonian Lagoon, and Baltic Sea as well as angling in rivers could be main threats. A tagging study revealed that sturgeons are very vulnerable towards gill nets and that especially in hot summer period sturgeons die rather quickly in the gill nets,. Therefore, unsustainably high mortalities of sturgeons in gillnets requires some mitigation measures and tested modified

30

---

HELCOM 40-2019, 3-4

sturgeon- friendly fishing gear are one of the most promising solutions (Gessner & Arndt 2006, Levesque *et al.* 2016).



Figure 10: Pregolya and Nemunas catchments (© Google Earth Physical, Hallermann 2018)

## NOTES



Vilniaus universiteto leidykla  
Universiteto g. 1, LT-01513 Vilnius  
El. p. [info@leidykla.vu.lt](mailto:info@leidykla.vu.lt),  
[www.leidykla.vu.lt](http://www.leidykla.vu.lt)  
Tiražas 15 egz.