

New eastern limit of the geographic distribution
of *Orsinigobius punctatissimus* (Canestrini, 1864)
(Teleostei: Gobiiformes: Gobiidae) in northeastern Italy,
with biological notes on the species

STEFANO VANNI¹, ANNAMARIA NOCITA², GIANNA INNOCENTI^{1,*},
SIMONE CIANFANELLI¹

¹ Museo di Storia Naturale del Sistema Museale dell'Università di Firenze, Sezione di Zoologia "La Specola", via Romana 17, 50125 Florence (Italy)

² Dipartimento di Biologia dell'Università di Firenze, via Madonna del Piano 6, 50019 Sesto Fiorentino (FI) (Italy)

* corresponding author: gianna.innocenti@unifi.it

Keywords: distribution, Friuli-Venezia Giulia, Gobiidae, Italy, *Orsinigobius punctatissimus*.

ABSTRACT

A record of the gobiid *Orsinigobius punctatissimus* (Canestrini, 1864) from the springs of the Gorizia Karst (Italy, Friuli-Venezia Giulia) is reported, extending the eastern limit of the geographic distribution of the species. This goby lives in threatened spring habitats, and has recently become rarer. However, although *O. punctatissimus* is listed in the Italian Red List of threatened species as "Critically Endangered" (CR), the International Union for Conservation of Nature Red List of threatened species classifies it as "Near Threatened" (NT). Despite its risk of extinction, the species is not included in the annexes of the Habitat Directive (EU Directive 92/43/EEC) or other international wildlife protection conventions. Information is given on the taxonomy, distribution, biology and conservation of the species.

INTRODUCTION

There are three strictly freshwater Italian gobiids: *Padogobius bonelli* (Bonaparte, 1846), *Padogobius nigricans* (Canestrini, 1867) and *Orsinigobius punctatissimus* (Canestrini, 1864).

P. bonelli is a subendemic species, mainly distributed in the Padano-Veneto ichthyogeographic district and in Dalmatia (Zerunian 2004, Kottelat & Freyhof 2007). This species was also introduced by fish restocking activities in various localities in western and

central Italy. *P. nigricans* is an Italian endemic species, in the Tuscan-Latinal ichthyogeographic district (Gandolfi et al. 1991; Zerunian 2004). Another gobiid, *Knipowitschia panizzae* (Verga, 1841), considered by various authors as a congener of *O. punctatissimus* (Economidis & Miller 1990 and references listed below in the taxonomic history of the Italian spring goby), is an Italian subendemic euryhaline species and is present along the Italian coasts (Gandolfi et al. 1991, Zerunian 2004, Nocita et al. 2010).

Taxonomic history of *Orsinigobius punctatissimus*

The Italian spring goby (in Italian: “panzarolo”, “ghiozzetto punteggiato” or “ghiozzetto striato”) was described by Giovanni Canestrini (1864) as *Gobius punctatissimus*. The ten specimens on which the author based his description came from Mantova, Modena and Castelfranco Emilia (Modena). A few years later the species was reported by Ninni (1868) from some rivers in the Veneto region (Piave, Sile, Livenza and other minor rivers). Later on, Canestrini (1866, 1872) added more information on its morphology and colouration pattern. Giglioli (1880) reported it from the surroundings of Bologna and the Veneto region; Torossi (1888) from the Tesina River (province of Vicenza); Tellini (1895) from Sevegliano (Udine); and Pavesi (1898) from the Sarca-Mincio river basin.

Due to the poor original description, Berg (1932) and Tortonese (1935) proposed *G. punctatissimus* as junior synonym of *Padogobius bonelli*. Ninni (1938) provided a concise account of the species, highlighting the differences from *Gobius fluviatilis* Bonelli, 1837 (currently *P. bonelli*), and *Gobius panizzae* (currently *Knipowitschia panizzae*). Subsequent authors (e.g. Miller 1972) informally confirmed the synonymy with *P. bonelli*. Both Gandolfi and Tongiorgi (1974), and Tortonese (1975) considered *G. punctatissimus* as a young of *P. bonelli*, based on a poorly preserved syntype (deposited in the

Museo Civico di Storia Naturale di Genova "Giacomo Doria" (MSNG), collection number MSNG 126547).

Gandolfi and Tongiorgi (1978) later considered *G. punctatissimus* as a valid species, based on collections made in several rivers of the Veneto region. Gandolfi et al. (1986) examined more specimens from the Livenza River (La Salute, Venezia), Fosso Cordano (Penarolo, Vicenza), Roggia Miliana (Ariis di Rivignano, Udine) and Tesina River (Lupia, Vicenza), and redescribed the species, including it in the new genus *Orsinigobius* (masculine gender; *O. punctatissimus*). *Orsinigobius* is characterized by the absence of a cephalic canal system, diagnostic distribution of genipores, and presence of scales only in a subtriangular area below the pectoral fins.

Economidis and Miller (1990) synonymized the genus *Orsinigobius* with *Knipowitschia* Iljin, 1927. Subsequently, several authors used the name *K. punctatissima* (Miller 1990, Bianco 1995, Zerunian & Taddei 1996, Kottelat 1997, Zerunian 1992, 1997, 1998, 2002a, 2002b, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2013, Porcellotti 2001, 2005, Razzetti et al. 2002, Crivelli 2006, Kottelat & Freyhof, 2007, Zanella et al. 2010, Bianco et al. 2013, Razzetti et al. 2013, Rondinini et al. 2013, Accorsi et al. 2014 (sub *K. punctatissimus*), Fortini 2016, Froese & Pauly 2018). Other authors continued to use the name *O. punctatissimus* (Gandolfi & Zerunian 1987, Grimaldi & Manzoni 1990, Gandolfi et al. 1991, Bruno & Maugeri 1992, Groppali 1992 (sub *Orsinogobius*), Nocita & Vanni 1998 (sub *Orsinogobius*), Grimaldi et al. 1999, Geiger et al. 2014, Fricke et al. 2019, Thacker et al. 2019). Mrakovčić et al. (1996) described a subspecies from a restricted area in Croatia, *K. p. croatica*, which was later considered a valid species: *K. croatica* Mrakovčić, Kerovec, Mišetić and Schneider, 1996 (Kottelat 1997). Based on Geiger et al. (2014), Crivelli (2018) updated the attribution of the Italian spring goby to the genus *Orsinigobius*, but

erroneously considered it feminine in gender (*O. punctatissima*).

Based on a molecular study, Thacker et al. (2019) recently supported the monophyly of the genus *Orsinigobius*, including the species *O. punctatissima* and *O. croaticus*, within a clade including *Economidichthys* and *Knipowitschia* species. The sand gobies of Europe and of the Ponto-Caspian region are presently all included in the family Gobionellidae Bleeker, 1874 (Thacker 2013).

Distribution

Orsinigobius punctatissima is an endemic Italian species, whose distribution is limited to the Po River valley in northern Italy, from south-eastern Piemonte to eastern Friuli-Venezia Giulia (Fig. 1a). There is no consensus about the details of this distribution.

Several authors report this species from the Po River valley (Gandolfi et al. 1991, Zerunian & Taddei 1996, Zerunian 1997, Razzetti et al. 2002, Bobbio & Sala 2004, Bianco et al. 2013, Fortini 2016). Marconato et al. (1996) reported it from the two branches of the Po River in the Alessandria province in the Piemonte region (north-western Italy), i.e. the Cesarina Channel near Valmacca, and the Storto Channel near Bozzole (Parco Fluviale del Po e Orba, southeast Piemonte). It was recorded in the Cesarina Channel in 2018 by M. Pascale (pers. comm.). Grimaldi et al. (1999) recorded it in the Lanca (=oxbow lake) Badiola of the Ticino River (Cerano, Novara, Southeast Piemonte), in the Delizia tributary near La Fagiana (Magenta, Milano, Southwest Lombardia), and in the Nasino Channel near Cascina Carenna (Vigevano, Pavia, Southwest Lombardia). Razzetti et al. (2002), based on research carried out in 1998-1999, recorded it also in the Ticino River basin in Pavia (southwest Lombardia), in Ramo dei Prati near Villa Reale (Vigevano), and in Rabica Roggia, at the junction of the Nasino Channel (Vigevano) with the Vecchio Channel, near

Cascina Torricella (Zerbolò). However, several authors do not report *O. punctatissima* from Piemonte, considering Lombardia as its westernmost distribution limit (Maio et al. 2005, Forneris et al. 2011, 2012, Bianco et al. 2013, Macchio 2017).

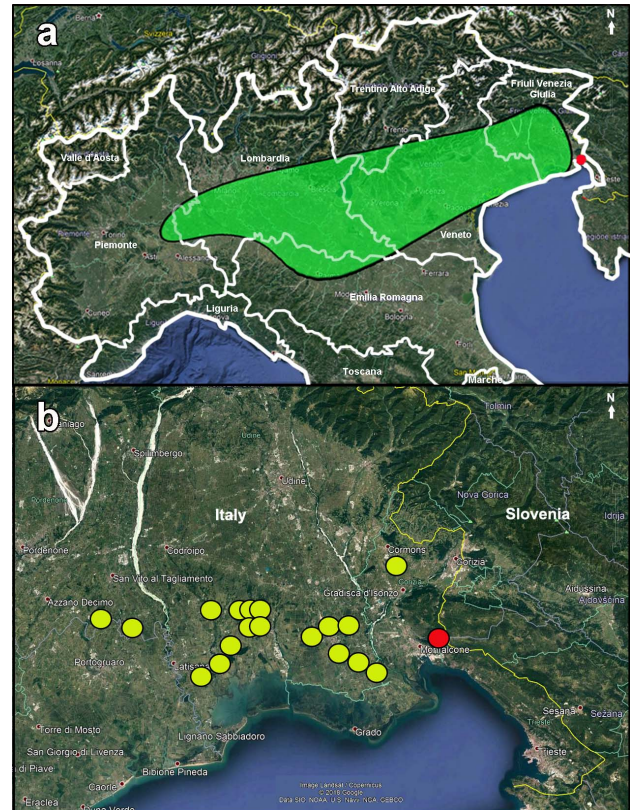


Fig. 1 a) Overall distribution of *Orsinigobius punctatissima* according to Bobbio & Sala 2004; b) Distribution of the species in north eastern Italy (Friuli-Venezia Giulia). The red circle indicates the new record.

Some authors report *O. punctatissima* from the entire Padano-Veneto district, being more common and uniformly distributed in the north-eastern portion of this area, from Vicenza to Udine (Grimaldi & Manzoni 1990, Bruno & Maugeri 1992, Zerunian 2002a, 2002b, 2003, 2004). Other authors report *O. punctatissima* only from north-eastern Italy (Bianco 1995, Zerunian 1998, Porcellotti 2001, 2005, Kottelat & Freyhof 2007, Crivelli 2006, 2018, Bianco et

al. 2013), excluding it from Piemonte and Lombardia.

Recent studies record the species in various localities in Lombardia, in the provinces of Milano, Lodi, Pavia and Cremona (Puzzi et al. 2007, Rossi et al. 2009, Provincia di Pavia 2010, Lombardi et al. 2012, Razzetti et al. 2013). In Emilia-Romagna, the species was recorded in few sites in Reggio Emilia (Forneris et al. 1990, Castaldelli & Rossi 2008). Sala (2009) reported it as extinct in the province of Modena. Some recent fish maps also report the species in Veneto (Padova: Turin et al. 2010; Rovigo: Bioprogram & Aquaprogram 2010; Venezia: Marconato et al. 2012, Accorsi et al. 2014; Verona: Turin et al. 2003, Confortini et al. 2008).

In Friuli-Venezia Giulia (Fig. 1b), Tellini (1895) recorded the species in Sevegliano (Udine). Stoch et al. (1992, 1995) reported it in the Sile River (Fiume Veneto, Pordenone), Lin River (San Vito al Tagliamento, Pordenone), Roial River (Cordenons, Pordenone), Paisetta River (Sacile, Pordenone), Roggia dei Molini (Castions di Strada, Udine), Aussa River (Cervignano del Friuli, Udine), Natissa River (Aquileia, Udine), Roggia Cinessa and Roggia Puroia (Bertiolo, Udine), Canale Morto and Tiel River (Fiumicello, Udine), Roggia Revonchio (Pocenia, Udine), Canale Novacco (Aiello del Friuli, Udine), Corno Stream (Maiano, Udine) and Roggia Barbariga (Rivignano, Udine). These records were also used by Bobbio and Sala (2004), and updated by Pizzul et al. (2005). The species was not recorded by Pizzul in Friuli-Venezia Giulia probably because the waterways in which the new samplings were carried out did not include the previous records (E. Pizzul, pers. comm.; unpublished data 2009-2012, ARPA Friuli-Venezia Giulia). Based on the data from Stoch et al. (1995), the easternmost record was the Novacco Channel (Novacco, Aiello del Friuli, Udine); while the easternmost record inferred from Pizzul et al. (2005) was the Versa stream, near Moraro (Gorizia).

Ecology and biology

Orsinigobius punctatissimus is found in karst springs, streams and branches of rivers that are characterized by clear, well-oxygenated, cool waters (11–16°C), with moderate currents and thermal fluctuations, rich in macrophytic vegetation, and with sandy, silty or fine gravel bottoms. It is a stenotypic species, which requires specific habitat conditions (Gandolfi et al. 1991, Bruno & Maugeri 1992, Zerunian 1998, 2002a, 2002b, 2003, 2004, Kottelat & Freyhof 2007, Porcellotti 2005, Fortini 2016).

The lifespan is typically of 2 years, rarely 3, and sexual maturity is reached the second year. Reproduction usually takes place between early spring (February) and early summer (May-June). The male digs a nest under stones, pieces of wood and reeds, dead leaves and debris, and then attracts the female inside, using visual and acoustic signals. The female lays a few hundred elliptical eggs of about 2 mm in diameter on the ceiling of the nest. The nest can receive the egg batches from several females, and females can spawn several times per breeding season. The eggs are guarded by the male during the 10–15 days of incubation. Newly hatched larvae are planktonic (3–4 mm in total length, TL), and after 1–2 months, become benthonic. Subadults and adults feed on benthic invertebrates (Gandolfi et al. 1991, Bruno & Maugeri 1992, Zerunian 1998, 2002a, 2002b, 2003, 2004, Kottelat & Freyhof 2007, Porcellotti 2005, Fortini 2016). The reproductive biology of *O. punctatissimus* is similar to that of *O. croaticus*, studied by Zanella et al. (2011). *O. punctatissimus* reaches a maximum length of 55 mm TL (mostly 20–40 mm TL when mature).

MATERIALS AND METHODS

The specimens were collected with nets that have a mesh size of 0.5–10mm, during a field survey on the crenobiont and stygobiont malacofauna of the Gorizia Karst (Fig. 2).

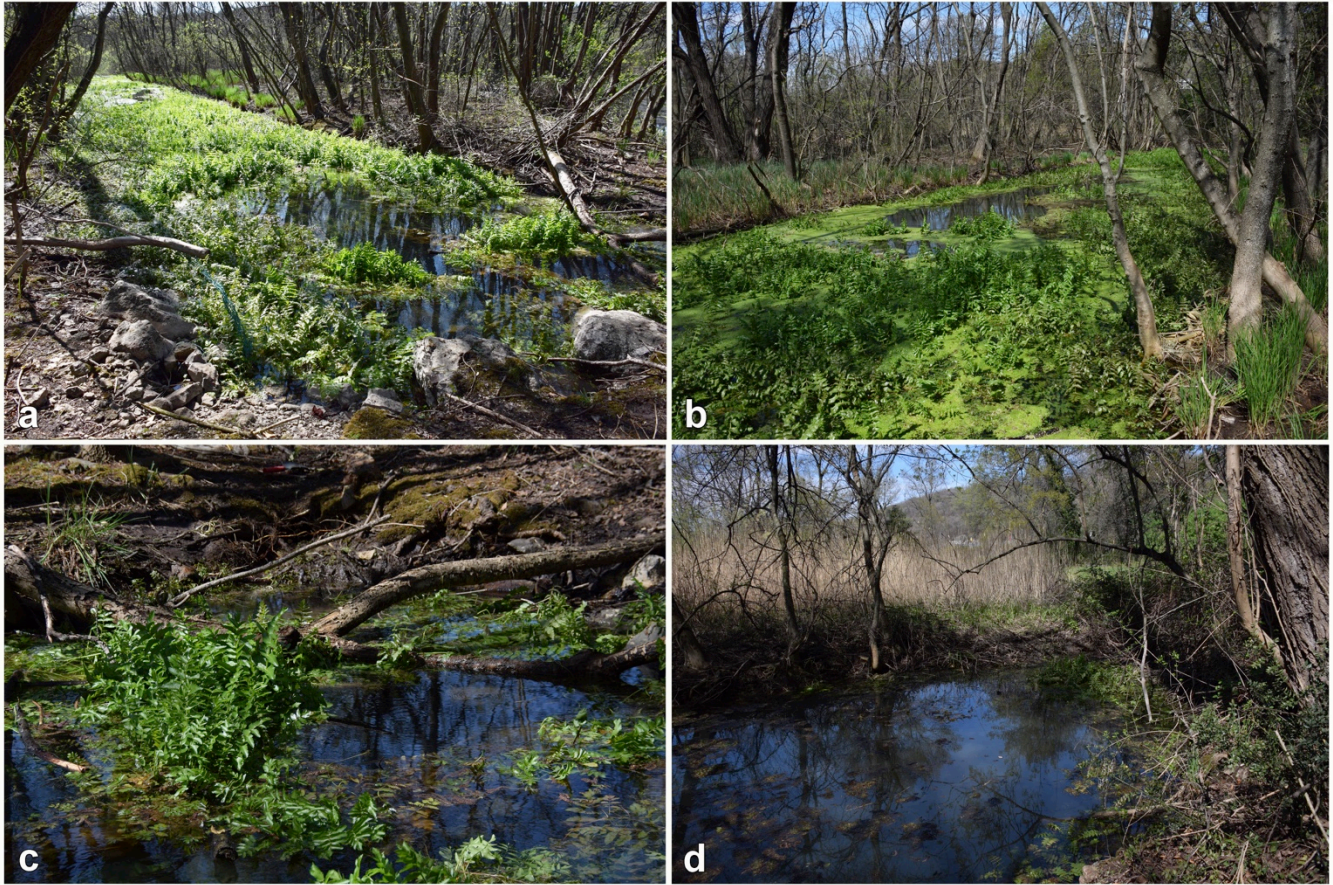


Fig. 2 a-d) Some environments of the collecting site (Doberdò del Lago, Gorizia province, Friuli-Venezia Giulia).

Data on the collecting site are listed as follow: locality and collecting site, municipality and province (in parenthesis), altitude, coordinates in decimal degrees (Datum WGS84), collectors and dates, number of specimens and collection numbers (in parenthesis). Geographical names of the localities were taken from the official Italian maps of the Italian Military Geographic Institute (IGM), at the scale 1:25,000. The collected material is preserved in the ichthyological collection of the Sistema Museale di Ateneo, Natural History Museum, Zoological Section “La Specola” (MZUF), Via Romana 17, Florence, Italy. Fish size is reported as standard length (SL) and total length (TL); the terminology for the fin ray count is the one used and illustrated by Miller (1986). Fish were sexed observing the shape of

the urogenital papilla (Miller 1984) and sexually dimorphic colouration patterns.

RESULTS

Specimens were collected in a site within the Gorizia Karst area, at Stagni di Sablici, north-northeast environs of Monfalcone (Doberdò del Lago, Gorizia), about 9m a.s.l., 45.806°N, 13.575°E, by S. Cianfanelli and M. Calcagno, on 22 June 2014 (1 young and 1 subadult, MZUF Nos 17638-17639, respectively), and on 08 April 2015 (2 females, MZUF Nos 17640-17641) (Fig. 1b, Fig. 2). In order to safeguard the site, the coordinates are provided with a precision of three decimals. Specimens were sampled in a karst spring, up to 5-7m wide and about 80cm deep (Fig. 2a-d). The bottom was composed by sand, silt and fine gravel, and was

covered by abundant aquatic macrophytic vegetation. The specimens were collected at a depth of 40cm. A mixed deciduous forest was present around the spring. The geological substrate was formed by skeletal limestone of neritic and carbonate platform facies from the Upper Cretaceous. The various small streams that originate from this and similar springs in the area flow into the Moschenizza River, which then flows into the Locavaz Channel; the latter then joins the Timavo River, which flows into the Panzano Gulf (northern Adriatic Sea). The area of the mentioned springs is included between the route of the A4 Torino-Trieste motorway and the north-eastern suburb of Monfalcone. The territory is part of the Special Area of Conservation (SAC) “IT3340006 Carso Triestino e Goriziano”.



Fig. 3 Living specimen of the species *Orsinigobius punctatissimus* from Stagni di Sablici (Doberdò del Lago, Gorizia province, Friuli-Venezia Giulia): a) MZUF 17640, b) MZUF 17641.

Of the four collected specimens, MZUF 17638-17639 (10.5 and 17.5mm TL, respectively) are in poor conservation state, and fin-rays could not be reliably counted. Meristic counts of both MZUF 17640 (35.5mm TL, 29.9mm SL) and MZUF 17641 (28.2mm TL, 23.8mm SL) are: first-dorsal-fin spines (D1) VII, second-dorsal-fin rays (D2) I/7, caudal-fin rays (C) 13, anal fin rays (A) I/7, pelvic-fin elements (V) I/5, pectoral-fin rays (P) 16 (Fig. 3a-b).

DISCUSSION

Orsinigobius punctatissimus is closely associated to highly specific and isolated habitats, such as springs. In addition to habitat destruction, degradation and agricultural pollution, this species is also threatened by declines of the groundwater level, caused by both excessive anthropogenic extraction and climate change (Gandolfi et al. 1991, Bianco 1995, Zerunian & Taddei 1996, Zerunian 1998, 2002a, 2002b, 2003, 2004, 2007, Turin et al. 2003, 2008, Porcellotti 2005, Crivelli 2006, 2018, Kottelat & Freyhof 2007, Rossi et al. 2009, Bianco et al. 2013, Froese & Pauly 2018). These factors can determine local extinctions, as it already happened in several locations where the species was common until the early or mid-20th century. The more frequent isolation of small populations also leads to genetic isolation and erosion (Bianco et al. 2013, Fortini 2016), with a reduction in population viability and adaptability. The Italian spring goby is also an endemic species with a small distribution range. For these reasons, *O. punctatissimus* should be considered a highly threatened species.

Zerunian (1997, 1998, 2006, 2007) includes it among the “Endangered” (EN) Italian fishes, according to the threat criteria of the International Union for Conservation of Nature (IUCN) A2 (alteration of habitats and artificial barriers of riverbeds) and A3 (water pollution). In the IUCN “Red List of Threatened Species”, it is considered “Near

Threatened” (NT) (Crivelli 2006, 2018). In the “Red List” of the Italian species, by the Italian Committee of IUCN, it is more correctly assigned to the category “Critically Endangered” (CR) (Bianco et al. 2013), based on the B2ab (iii) criteria, i.e. estimated extent of occurrence <100km²; estimated area of occupancy <10km²; severely fragmented or known to exist at only a single location; continuing decline for area, extent and/or quality of habitat. Rondinini et al. (2013) also consider the species as “Critically Endangered”. Regarding Veneto region, Turin et al. (2008) assigned it to the “Vulnerable” category (VU) according to the threat criteria A2, A3 and B8 (competition and predation by alien species). However, *O. punctatissimus* is not included in any of the annexes of the “Habitat Directive” (EU Directive 92/43/EEC) nor in any other international wildlife protection convention.

Even the future of the newly described locality appears to be uncertain. Despite being included in a Special Area of Conservation in the frame of the “Natura 2000” network, it is located near a motorway track, equipped with a large entrance/exit tollgate, not far from Monfalcone suburbs. This could lead to the degradation of the site’s environmental conditions, and to the extinction of this small population (Gandolfi et al. 1991).

This new record extends the eastward limits of the Italian spring goby’s distribution. The Sablici population is the second record for Gorizia province, being the other the Versa Stream one near Moraro (Pizzul et al. 2005). From a geographical point of view, compared

to the easternmost sites of Friuli-Venezia Giulia, the new site is at about 18 km from the Novacco Channel (Aiello del Friuli) (Stoch et al. 1992, 1995) and 14 km from the Versa Stream. In the event that the “Natura 2000” sheet of the Special Area of Conservation IT3340006 is updated, it will be possible to add this rare goby to the list of species, as its future depends on appropriate management and conservation criteria (see also Bressi 2009). Prompt and effective safeguard actions are required, to guarantee the survival of this species in this and other sites.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Elisabetta Pizzul, who provided the 2009-2012 fish-survey database of the Friuli-Venezia-Giulia Autonomous Region, and Laura Gola, who provided us with the bibliography and field research information on *O. punctatissimus* in the Alessandria province. We also thank the anonymous reviewers for their constructive comments. This research was partly financed by the Natural History Museum of the University of Florence, Zoological Section “La Specola”.

AUTHOR CONTRIBUTION

Project design: Simone Cianfanelli

Execution: Stefano Vanni

Manuscript preparation: Stefano Vanni, Annamaria Nocita, Simone Cianfanelli, Gianna Innocenti

REFERENCES

- Accorsi, M., Borgo, F., Cherubini, G. & Penzo, P. (Eds) (2014) Carta Ittica della Provincia di Venezia 2014-2019. Provincia di Venezia - Servizio Caccia e Pesca, Venezia.
- Berg, L.S. (1932) Übersicht der Verbreitung der Süßwasserfische Europas. Zoogeographica, 1, 107–208.
- Bianco, P.G. (1995) Mediterranean endemic freshwater fishes of Italy. Biological Conservation, 72, 159–170.
- Bianco, P.G., Caputo, V., Ferrito, V., Lorenzoni, M., Nonnis Marzano, F., Stefani, F., Sabatini, A. & Tancioni, L. (2013) Knipowischia punctatissima. International Union for the Conservation of Nature - Comitato Italiano. <http://www.iucn.it/scheda.php?id=-1325693414> (accessed 03/01/2019).

- Bioprogram & Aquaprogram (Eds) (2010) Carta Ittica della Provincia di Rovigo. Acque interne. II. Indagini ittologiche. Provincia di Rovigo - Assessorato alla Pesca, Rovigo.
- Bobbio, L. & Sala, L. (2004) Cyclostomata, Osteichthyes. In: CKmap 2004. Checklist e distribuzione della fauna italiana. 10.000 specie terrestri e di acqua dolce. Vers. 5.1. (ed. by S. Ruffo and F. Stoch). Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Direzione per la Protezione della Natura, Roma. Interactive software (see: <http://www.faunaitalia.it/ckmap/>).
- Bonaparte, C.L. (1846) Catalogo metodico dei pesci europei. Atti della Settima Adunanza degli Scienziati Italiani tenuta in Napoli dal 20 di settembre a' 5 di ottobre del MDCCCXLV, Part 2. Stamperia del Fibreno, Napoli.
- Bressi, N. (Ed.) (2009) SIC IT3310005 Torbiera di Sequals, SIC IT3310008 Magredi di Tauriano, SIC IT331009 Magredi del Cellina, SIC IT3310010 Risorgive del Vinchiaruzzo, SIC IT3340006 Carso triestino-goriziano, ZPS IT3341002 Aree carsiche Venezia Giulia. Elenco delle specie oggetto di monitoraggio e note gestionali e conservative su specie e ambienti. Museo Civico di Storia Naturale di Trieste, Trieste.
- Bruno, S. & Maugeri, S. (1992) Pesci d'acqua dolce. Atlante d'Europa. Editoriale Giorgio Mondadori, Milano.
- Canestrini, G. (1864) Note ittologiche. I. Sopra una nuova specie di *Mesites*. *Mesites gracillimus* nov. spec. II. Sopra una nuova specie di *Gobius* d'acqua dolce. *Gobius punctatissimus* nov. spec. III. Sopra una varietà dell'*Alburnus alborella* De-Fil. *Alburnus alborella* De-Fil. varietas *lateristriga*. IV. Nota sul genere *Scardinus*. V. Nota sul genere *Telestes*. VI. Nota sul genere *Barbus*. Archivio per la Zoologia, l'Anatomia e la Fisiologia, Modena, 3 (1), 100–112.
- Canestrini, G. (1866) Prospetto critico dei Pesci d'acqua dolce d'Italia. Archivio per la Zoologia, l'Anatomia e la Fisiologia, Modena, 4 (1), 47–187.
- Canestrini, G. (1867) Due note ittologiche. I. Sopra alcuni pesci dell'Arno. II. Effetti di dimagrimento osservati nel *Gobius fluviatilis* Bon. Annuario della Società dei Naturalisti in Modena, 2, 7–13.
- Canestrini, G. (1872) Fauna d'Italia. Parte terza. Pesci. Vallardi Editore, Milano.
- Castaldelli, G. & Rossi, R. (2008) Carta ittica dell'Emilia-Romagna. Zone B e A. Regione Emilia Romagna, Bologna.
- Confortini, I., Turin, P. & Salviati, S. (2008). Carta Ittica della Provincia di Verona. Provincia di Verona, Verona.
- Crivelli, A.J. (2006) *Knipowitschia punctatissima*. The International Union for Conservation of Nature Red List of Threatened Species. Version 2012.1. e.T11026A3239712 (accessed 17/05/2016).
- Crivelli, A.J. (2018) *Orsinigobius punctatissima* (amended version of 2006 assessment). The International Union for Conservation of Nature Red List of Threatened Species 2018. e.T11026A136232837. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2006.RLTS.T11026A136232837.en> (accessed 24/01/2019).
- Economidis, P.S. & Miller, P.J. (1990) Systematics of freshwater gobies from Greece (Teleostei: Gobiidae). Journal of Zoology, 221 (1), 125–170. DOI: 10.1111/j.1469-7998.1990.tb03781.x
- Forneris, G., Paradisi, S. & Specchi, M. (1990) Pesci d'acqua dolce. Edizioni C. Lorenzini, Udine.
- Forneris, G., Pascale, M. & Perosino, G.C. (2012) Pesci e Ambienti Acquatici del Piemonte. Regione Piemonte - Assessorato Agricoltura e Foreste, Caccia e Pesca, Torino.
- Forneris, G., Pascale, M., Perosino, G.C. & Zaccara, P. (2011) Stato dell'ittiofauna in Piemonte. Rivista Piemontese di Storia Naturale, 32, 273–295.
- Fortini, N. (2016) Nuovo atlante dei pesci delle acque interne italiane. Guida completa ai Pesci, Ciclostomi, Crostacei Decapodi di acque dolci e salmastre. Aracne Editrice, Ariccia, Roma.
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N. & van den Laan, R. (Eds) (2019) Catalog of Fishes: genera, species, references. <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. (electronic version, accessed 26/01/2019).
- Froese, R. & Pauly, D. (Eds) (2018) *Knipowitschia punctatissima* (Canestrini, 1864), Italian spring

- goby. FishBase World Wide Web electronic publication.
<https://www.fishbase.de/summary/6341>
 (accessed 03/01/2019).
- Gandolfi, G., Marconato, A. & Torricelli, P. (1986) Posizione sistematica e biologia di un ghiozzo delle acque dolci italiane: *Orsinigobius* (gen. nov.) *punctatissimus* (Canestrini, 1864) (Pisces, Gobiidae). Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 12 [1985], 367–380.
- Gandolfi, G. & Tongiorgi, P. (1974) Taxonomic position, distribution and biology of the gobies present in the Italian fresh waters, *Padogobius martensi* (Günther) and *Gobius nigricans* Canestrini (Osteichthyes, Gobiidae). Annali del Museo Civico di Storia Naturale “Giacomo Doria”, Genova, 80, 92–118.
- Gandolfi, G. & Tongiorgi, P. (1978) Nuove indagini sulla distribuzione dei Gobidi nelle acque dolci e salmastre italiane. Bollettino di Zoologia, 45, Supplemento 1, 328.
- Gandolfi, G. & Zerunian, S. (1987) I pesci delle acque interne italiane: aggiornamento e considerazioni critiche sulla sistematica e la distribuzione. Atti della Società Italiana di Scienze Naturali Milano, 128 (1-2), 3–56.
- Gandolfi, G., Zerunian, S., Torricelli, P. & Marconato, A. (1991) I Pesci delle acque interne italiane. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- Geiger, M.F., Herder, F., Monaghan, M.T., Almada, V., Barbieri, R., Bariche, M., Berrebi, P., Bohlen, J., Casal-Lopez, M., Delmastro, G.B., Denys, G.P.J., Dettai, A., Doadrio, I., Kalogianni, E., Kärst, H., Kottelat, M., Kovačić, M., Laporte, M., Lorenzoni, M., Marčić, Z., Özuluğ, M., Perdices, A., Perea, S., Persat, H., Porcellotti, S., Puzzi, C., Robalo, J., Šanda, R., Schneider, M., Šlechtová, V., Stoumboudi, M., Walter, S. & Freyhof, J. (2014) Spatial heterogeneity in the Mediterranean Biodiversity Hotspot affects barcoding accuracy of its freshwater fishes. Molecular Ecology Resources, 14 (6), 1210–1221. DOI: 10.1111/1755-0998.12257
- Giglioli, E.H. (1880) Elenco dei Mammiferi, degli Uccelli e dei Rettili ittiofagi od interessanti per la Pesca, appartenenti alla Fauna italiana, e Catalogo degli Anfibi e dei Pesci italiani. N.11. In: Esposizione Internazionale di Pesca in Berlino 1880. Sezione italiana. Catalogo degli Espositori e delle cose esposte, pp. 63–117. Stamperia Reale, Firenze.
- Grimaldi, E. & Manzoni, P. (1990) Specie ittiche d’acqua dolce. Enciclopedia illustrata. Camera di Commercio di Como, Como and Istituto Geografico De Agostini, Novara.
- Grimaldi, E., Puzzi, C.M., Trasforini, S., Gentili, G., Monicelli, F., Romana, A. & Santorelli M. (1999) Ricerca sulla fauna ittica del Fiume Ticino. Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino, Magenta, Milano.
- Groppali, R. (1992) Pesci, Anfibi, Rettili e Mammiferi minacciati della fauna italiana. In: Contributo per un “Libro Rosso” della fauna e della flora minacciate in Italia (ed. by M. Pavan), pp. 133-181. Istituto di Entomologia dell’Università di Pavia, Pavia.
- Kottelat, M. (1997) European freshwater fishes. An heuristic checklist of the freshwater fishes of Europe (exclusive of former USSR) with an introduction for non-systematists and comments on nomenclature and conservation. Biologia, Section Zoology, Bratislava, 52/suppl. 5, 1–271.
- Kottelat, M. & Freyhof, J. (2007) Handbook of European Freshwater Fishes. Publications Kottelat, Cornol, Switzerland.
- Lombardi, C., Arcadipane, M., Stefani, F. & Galli, P. (2012) Carta delle Vocazioni ittiche. Provincia di Cremona, Cremona.
- Macchio, S., Rossi, G.L., Rossi, G., De Bonis, S., Balzamo, S. & Martone, C. (2017) Nuovo indice dello stato ecologico delle comunità ittiche (NISECI). Manuali e Linee Guida 159/2017. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.
- Maio, G., Marconato, E., Merati, F., Pascale, M., Perosino, G.C. & Salviati, S. (2005) Monitoraggio della fauna ittica nei corsi d’acqua piemontesi. Regione Piemonte - Direzione delle Risorse Idriche, Torino. Annex: Schede di campionamento.
- Marconato, E., Busatto, T., Salviati, S. & Maio, G. (2012) Monitoraggio delle comunità ittiche del reticolo idrografico per la revisione della Carta Ittica provinciale. Aquaprogram, Vicenza and Provincia di Venezia, Venezia.

- Marconato, E., Maio, G., Salviati, S. & Perini, V. (1996) Indagine sulla comunità ittica del F. Po nel tratto di competenza dell'Ente Parco del Po e dell'Orba. Aquaprogram, Vicenza.
- Miller, P.J. (1972) Gobiid fishes of the Caspian Genus *Knipowitschia* from the Adriatic Sea. *Journal of Marine Biological Association of United Kingdom*, 52 (1), 145–160.
- Miller, P.J. (1984) The tokology of gobioid fishes. In: *Fish Reproduction: Strategy and Tactics*, Vol. 3 (ed. by G.W. Potts and R.J. Wootton), pp. 119–153. Academic Press, London.
- Miller, P.J. (1986) Gobiidae. In: *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*, Vol. 3 (ed. by P.J.P. Whitehead, M.-L. Bauchot, J.-C. Hureau, J. Nielsen, and E. Tortonese), pp. 1019–1085. UNESCO, Paris.
- Miller, P.J. (1990) The endurance of endemism. The Mediterranean fresh-water gobies and their prospects for survival. *Journal of Fish Biology*, 37, 145–156. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1990.tb05030.x
- Mrakovčić, M., Kerovec, M., Mišetić, S., & Schneider, D. (1996) Description of *Knipowitschia punctatissima croatica* (Pisces, Gobiidae), a new freshwater goby from Dalmatia, Croatia. In: *Conservation of Endangered Freshwater Fish in Europe* (ed. by A. Kirchhofer, and D. Hefti), pp. 311–319. , Birkhäuser Verlag, Basel.
- Natura 2000 (2017) Standard data form site IT3340006 Carso Triestino e Goriziano. <http://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=IT3340006> (accessed 17/01/2019).
- Ninni, A.P. (1868) Note ed aggiunte alla Fauna Veneta. 1a Nota sopra il *Gobius punctatissimus*, Canestrini. *Commentario della Fauna, Flora e Gea del Veneto e Trentino*, 1 (1), 20–23.
- Ninni, E. (1938) I *Gobius* dei mari e delle acque interne d'Italia. *Memorie del Real Comitato Talassografico Italiano*, Memorie, 242, 1–169, tables I–XIX.
- Nocita, A., Busatto, T., Maio, G. & Bonaretti, R. (2010) Carta Ittica della Provincia di Pisa. Museo di Storia Naturale dell'Università di Firenze - Sezione di Zoologia “La Specola” & Provincia di Pisa, Pisa.
- Nocita, A. & Vanni, S. (1998) Cataloghi del Museo di Storia Naturale dell'Università di Firenze - Sezione di Zoologia “La Specola”. XVII. Actinopterygii Perciformes: Eleotridae e Gobiidae. *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, Memorie*, (B) 104 [1997], 61–69.
- Pavesi, P. (1896) La distribuzione dei pesci in Lombardia. Tipografia Fratelli Fusi, Milano.
- Pizzul, E., Moro, G.A. & Battiston, F. (2005) Pesci ed acque interne del Friuli Venezia Giulia. Aggiornamento parziale della carta ittica 1992. Ente Tutela Pesca del Friuli Venezia Giulia, Udine. http://www.entetutelapesca.it/cms/it/istituzionale/documentazione/Pubblicazioni/pubblicazioni_multimediali/carta_ittica/index.htm (accessed 03/01/2019).
- Porcellotti, S. (Ed.) (2001) Il ghiozzetto striato, *Knipowitschia punctatissima* (Canestrini, 1864). Web Museo della Fauna Europea. http://www.ittiofauna.org/webmuseum/pesciosse/perciformes/gobiidae/knipowitschia/knipowitschia_punctatissima/index.htm (accessed 04/02/2019).
- Porcellotti, S. (2005) Pesci d'Italia. Ittiofauna delle acque dolci. Casa Editrice Plan, Sesto Fiorentino, Firenze.
- Provincia di Pavia (Ed.) (2010) Carta Ittica Provinciale (Deliberazione del Consiglio Provinciale 24.6.2010, n. 38). Relazione quadro conoscitivo sui singoli corpi idrici. Provincia di Pavia - Settore Faunistico Naturalistico, Pavia.
- Puzzi, C.M., Trasforini, S., Bardazzi M.A., Polisciano, N., Montonati, S. & Maggio, A. (2007) Carta Provinciale delle vocazioni ittiche. Provincia di Milano, Milano.
- Razzetti, E., Maretti, S., Puzzi, C.M., Nardi, P.A., Sanguini, G. & Bernini, F. (2013) Le collezioni ittologiche storiche e le carte ittiche attuali utilizzate come strumenti per lo studio di alterazioni nell'ittiofauna della Lombardia. *Museologia Scientifica, Memorie*, 9, 168–172.
- Razzetti, E., Puzzi, C.M., Nardi, P.A. & Bernini, F. (2002) La distribuzione di *Knipowitschia punctatissima* (Canestrini, 1864) nel Bacino del Ticino (Osteichthyes: Gobiidae). *Doriana*, 7 (325) [2001], 1–4.

- Rondinini, C., Battistoni, A., Peronace, V. & Teofili, C. (Eds) (2013) Lista Rossa dei Vertebrati italiani. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Comitato Italiano IUCN and Federparchi, Roma.
- Rossi, S., Modesti, A. & Filippini, S. (2009) Carta ittica della provincia di Lodi. Provincia di Lodi, Lodi.
- Sala, L. (2009) La fauna della zona di Modena e pianura circostante nel corso del Novecento. In: La città e l'ambiente. Storia delle trasformazioni ambientali e urbane a Modena nel Novecento. (ed. by V. Bulgarelli and C. Mazzeri, ()), pp. 245-259. APM Edizioni, Carpi, Modena.
- Stoch, F., Paradisi, S. & Buda Dancevich, M. (1992) Carta ittica del Friuli-Venezia Giulia. Ente Tutela Pesca del Friuli Venezia Giulia, Udine.
- Stoch, F., Paradisi, S. & Buda Dancevich, M. (1995) Carta Ittica del Friuli-Venezia Giulia (2nd edition). Ente Tutela Pesca del Friuli-Venezia Giulia, Udine.
- Tellini, A. (1895) I Pesci e la pesca d'acqua dolce nel Friuli. Tipografia Giuseppe Seitz, Udine.
- Thacker, C.E. (2013) Phylogenetic placement of the European sand gobies in Gobionellidae and characterization of gobionellid lineages (Gobiiformes: Gobioidae). *Zootaxa* 3619 (3): 369–382. DOI: 10.11646/zootaxa.3619.3.6
- Thacker, C.E., Gkenas, C., Triantafyllidis, A., Malavasi, S. & Leonardos, I. (2019) Phylogeny, systematics and biogeography of the European sand gobies (Gobiiformes: Gobionellidae). *The Zoological Journal of the Linnean Society*, 185, 212–225. DOI: 10.1093/zoolinnean/zly026/4995525
- Torossi, G.B. (1888) Il *Gobius punctatissimus* Canestrini nel Vicentino. *Bollettino della Società Veneto-Trentina di Scienze Naturali*, 4, 105–108.
- Tortonese, E. (1935) Elenco dei Pesci italiani con annotazioni sistematiche. *Bollettino di Pesca, Piscicoltura e Idrobiologia*, 11, 1–46.
- Tortonese, E. (1975) Fauna d'Italia, XI. Osteichthyes (Pesci ossei). Parte seconda. Edizioni Calderini, Bologna.
- Turin, P. & Locatelli, R. (2010) Carta Ittica. Aggiornamento dello stato delle conoscenze sui popolamenti ittici della Provincia di Padova. Provincia di Padova, Padova.
- Turin, P., Salviati, S., Bilò, M.F., Zanetti, M., Tuzzato, B., Maio, G., Marconato, E. & Busatto, T. (2003) Carta Ittica. Provincia di Verona - Settore Faunistico Ambientale, Verona.
- Turin, P., Semenzato, M. & Paulucci, P. (2008) Lista Rossa dei pesci d'acqua dolce del Veneto. In: Atti 5° Convegno dei Faunisti Veneti, Legnaro 12-13/05/2007. (ed. by M. Bon, L. Bonato and F. Scarton), pp. 67–78. *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Venezia*, 58, supplement.
- Verga, D. (1841) Descrizione di un *Gobius* frequente nelle lagune di Comacchio. *Atti della Settima Adunanza degli Scienziati Italiani, Terza Riunione*, Firenze, 379.
- Zanella, D., Mrakovčić, M., Zanella, L.N., M. Miletić, M., Mustafić, M., Čaleta, M. & Marčić, Z. (2011) Reproductive biology of the freshwater goby *Knipowitschia croatica* Mrakovčić, Kerovec, Mišetić & Schneider 1996 (Actinopterygii, Gobiidae). *Journal of Applied Ichthyology*, 27 (5), 1242–1248. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2011.01802.x
- Zerunian, S. (1992) La perdita di diversità nelle comunità ittiche delle acque dolci. In: *Ambiente Italia 1992* (ed. by G. Melandri and G. Conte), pp. 156-169. Lega per l'Ambiente and Vallecchi Editore, Firenze.
- Zerunian, S. (1997) Ciclostomi e Pesci ossei delle acque interne. In: *Lista Rossa dei Vertebrati italiani. Materiali per una definizione ragionata delle specie a priorità di conservazione* (ed. by E. Calvario and S. Sarrocco). *Ecosistema Italia*, DB6. World Wildlife Fund Italia, Settore Diversità Biologica, Roma.
- Zerunian, S. (1998) Pesci d'acqua dolce. In: *Libro Rosso degli animali d'Italia. Vertebrati* (ed. by F. Bulgarini, E. Calvario, F. Fraticelli, F. Petretti and S. Sarrocco), pp. 21-30. World Wildlife Fund Italia, Roma.
- Zerunian, S. (2002a) Condannati all'estinzione? Biodiversità, biologia, minacce e strategie di conservazione dei Pesci d'acqua dolce indigeni

- in Italia. Edagricole - Edizioni Agricole de Il Sole 24 Ore, Bologna.
- Zerunian, S. (2002b) Iconografia dei Pesci delle acque interne d'Italia/Iconography of Italian inland water Fishes (colour plates I-XXXIII by Titti de Ruosi). Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Direzione Conservazione della Natura, Roma and Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica "Alessandro Ghigi", Ozzano dell'Emilia, Bologna.
- Zerunian, S. (2003) Piano d'azione generale per la conservazione dei pesci d'acqua dolce in Italia. Quaderni di Conservazione della Natura, 17. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Direzione per la Protezione della Natura, Roma and Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica "Alessandro Ghigi", Ozzano dell'Emilia, Bologna.
- Zerunian, S. (2004) Pesci delle acque interne d'Italia. Quaderni di Conservazione della Natura, 20. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Direzione per la Protezione della Natura, Roma and Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica "Alessandro Ghigi", Ozzano dell'Emilia, Bologna.
- Zerunian, S. (2005) Ruolo della fauna ittica nell'applicazione della Direttiva Quadro. *Biologia Ambientale*, 19 (1), 61–69.
- Zerunian, S. (2006) I Pesci d'acqua dolce d'Italia. Un grande patrimonio di biodiversità che rischia di scomparire. In: Salvati dall'Arca (ed. by M. Fraissinet and F. Petretti), pp. 611-626. Alberto Perdisa Editore, Bologna.
- Zerunian, S. (2007) Problematiche di conservazione dei Pesci d'acqua dolce italiani. *Biologia Ambientale*, 21 (2), 49–55.
- Zerunian, S. (2013) Lista Rossa dei Vertebrati Italiani: considerazioni critiche relative ai Pesci d'acqua dolce. *Biologia Ambientale*, 27 (2), 78–85.
- Zerunian, S. & Taddei, A.R. (1996) Pesci delle acque interne italiane: status attuale e problematiche di conservazione. *Ecosistema Italia*, DB3. World Wildlife Fund Italia, Settore Diversità Biologica, Roma.

Submitted: 25 February 2019

First decision: 3 May 2019

Accepted: 2 July 2019

Edited by Ana Margarida Santos