


RESEARCH PAPER

Received 16 December 2021 | Revised 17 February 2022 | Accepted 18 February 2022 | Published 6 March 2023
Editor: Gunnar Gunnarsson

Age and sex ratios of wintering Long-tailed Ducks *Clangula hyemalis* can be determined by analysis of photos of flying flocks at sea: A method description

Ålders- och könkvoter hos övervintrande alfåglar Clangula hyemalis kan bestämmas genom analys av foton av flygande flockar till havs: en metodbeskrivning

Kjell Larsson 

Kalmar Maritime Academy, Linnaeus University, 391 82 Kalmar, Sweden | kjell.larsson@lnu.se



THE WEST SIBERIAN/North European population of Long-tailed Duck *Clangula hyemalis* that breeds in Fennoscandia and Northwestern Russia, and winters in the Baltic Sea, has declined by at least 65% since the 1990s and is classified as globally vulnerable. To propose effective management actions to stop the decline, knowledge about demographic parameters is required. A photo survey method by which it is possible, in winter, to collect data on sex ratios and production of first-winter birds is presented here. The plumage traits and bill patterns, which are detectable in photos taken at a distance, are described. The traits can be used to discriminate between three categories of birds: adult males, first-winter males, and females. To extrapolate results from several photo surveys and obtain population-wide estimates of demographic parameters, knowledge about non-random distributions of different bird categories is needed. It was found that different age and sex categories were distributed differently across flocks of different sizes. The required sample sizes and the possible constraints and biases related to the photo survey method are discussed.

Keywords: Baltic Sea | population dynamics | reproductive success | flock structure | plumage

Citation: Larsson K. 2023. Age and sex ratios of wintering Long-tailed Ducks *Clangula hyemalis* can be determined by analysis of photos of flying flocks at sea: A method description. *Ornis Svecica* 33: 1–20. <https://doi.org/10.34080/os.v33.23757>. **Copyright:** © 2023 the author(s). This is an open access article distributed under the [CC BY 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which allows unrestricted use and redistribution, provided that the original author(s) and source are credited.

Introduction

Several sea duck species have declined in numbers in Europe in recent decades. The negative trend has been especially strong for the West Siberian/North European population of Long-tailed Duck *Clangula hyemalis* that breeds in Fennoscandia and Northwestern Russia and winters in the Baltic Sea (Hearn *et al.* 2015). Because of the estimated decline by as much as 65%, from approximately 4.3 million in 1992–1993 to approximately 1.5 million birds in 2007–2009, the Long-tailed Duck has been classified as globally Vulnerable on the IUCN Red List (Durinck *et al.* 1994, Skov *et al.* 2011, Wetlands International 2021). Later surveys have also indicated a further decline (Nilsson 2016, Larsson 2022).

Several causes for the decline have been identified. In the non-breeding season, anthropogenic additive mortality due to by-catch in fishery, recurrent spills of oil and chemicals from ships, and hunting, may together have resulted in an annual mortality rate too high to support a stable population (Larsson & Tydén 2005, Bellebaum *et al.* 2012, Hearn *et al.* 2015). In the future, additional factors may also affect the wintering population. For example, the establishment of large wind farms at offshore banks in the Baltic Sea can lead to permanent avoidance of important offshore feeding habitats (Petersen *et al.* 2018). Decreased availability of high-quality benthic food, either because of avoidance effects, or of other environmental factors (Waldeck & Larsson 2013), may also indirectly affect the survival rate during the non-breeding season as well as the birds' possibilities to store enough fat and nutrients for the subsequent northward spring migration and breeding.

The observed population decline of the Long-tailed Duck may also be partly caused by environmental factors at the Arctic breeding grounds. Fading lemming cycles, increased predation pressure, and factors related to climate change have been reported to negatively affect the reproductive success of several Arctic breeding waterbirds (Hario *et al.* 2009, Nolet *et al.* 2013, Aharon-Rotman *et al.* 2015, Rintala *et al.* 2022). To be able to establish effective management actions to stop the decline of the West Siberian/North European population of Long-tailed Ducks more detailed information about demographic parameters is needed. Such knowledge is necessary to clarify if the decline is caused by too low reproductive success, too high adult annual mortality, or a combined effect.

To study demographic parameters such as juvenile production at the Arctic breeding sites is, for logistic reasons, only possible on local scales because nests are distributed at low densities over vast tundra regions. By contrast, in winter, birds from breeding sites in the Russian Arctic congregate and can be observed in large numbers from boats or ships at offshore and coastal key sites in the Baltic Sea (Skov *et al.* 2011, Karwinkel *et al.* 2020).

The aim of this paper is to introduce a photo survey method by which it is possible in winter, and in a cost-effective way, to collect basic data needed to estimate annual reproductive output of Arctic breeding Long-tailed Ducks. The overall idea of the method is to analyse a large number of photos of flying flocks at a set of representative Baltic wintering sites to obtain site-specific data on sex and age ratios. Data from several sites can thereafter be combined and statistically analysed to obtain robust population-wide estimates of the production of first-winter birds. First-winter birds are defined as birds observed between January and May and born the previous summer.

As a first step, a description is given of the plumage traits and bill patterns which are detectable in photos taken at a distance and which can be used to discriminate between three categories of birds: adult males, first-winter males, and females.

To extrapolate and combine results from photo surveys, knowledge about non-random distributions of different age and sex categories at various scales is needed. At a regional scale, adults and first-winter birds, and males and females, may have different habitat preferences and therefore be distributed differently within the wintering region. The timing of movements to, within, and from the wintering region may also differ among categories. At a smaller scale, non-random distributions of different age and sex categories might be observed in flocks, for example, because of pairing behaviour or other social behaviours.

As a second step, and with a focus on the small-scale distribution patterns, data from photo surveys is used to analyse variation in flock structures, that is, how flocks of different sizes are composed of individuals of different age and sex.

Finally, the variability in flock size and flock structure will affect the number of photos needed from different sites to obtain representative input data in

further population-wide demographic analyses. The sample sizes required, and the possible constraints and biases related to the described photo survey method, are therefore also discussed.

Study population

The Baltic Sea is an important wintering site for Long-tailed Ducks breeding in the Russian Arctic, west of the Taimyr Peninsula (Loshchagina *et al.* 2019, Karwinkel *et al.* 2020, Quillfeldt *et al.* 2021). Long-tailed Ducks breeding east of the Taimyr Peninsula are assumed not to winter in the Baltic Sea but rather to the east along the Russian and East Asian coasts. The eastern limit of the breeding grounds used by Baltic wintering birds is not clear-cut and part of the population breeding east of the Ural Mountains but west of the Taimyr Peninsula may also move eastward in autumn (Loshchagina *et al.* 2019, Sokolov *et al.* 2019). To what extent the Long-tailed Ducks that breed in northern Fennoscandia winter in the Baltic Sea is not known. It has been suggested that they also may winter along the western coast of Norway (Hearn *et al.* 2015).

Long-tailed Ducks migrating southwestward from the Arctic breeding sites arrive at the Baltic Sea mainly in October. On average, adult males arrive slightly earlier than females and first-winter birds, although there is a considerable temporal overlap (Lehikoinen *et al.* 2006). During winter, the Long-tailed Ducks are found at offshore banks and at coastal sites around the Baltic Sea. The offshore banks that host most birds are Hoburgs Bank, Northern and Southern Midsjö Banks, Słupsk Bank, Odra Bank, and Rønne Bank / Adler Ground in Swedish, Polish, German, and Danish Exclusive Economic Zones (Durinck *et al.* 1994, Skov *et al.* 2011). Important wintering sites within territorial waters are found at for example Irbe Strait, Riga Bay, in Estonia and Latvia, around the islands of Gotland and Öland in Sweden, but also locally along the coasts of Lithuania, Poland, Germany, Denmark, Sweden, and Finland (Durinck *et al.* 1994, Skov *et al.* 2011). In April and May a large part of the wintering population gather along the coasts in the northern Baltic Proper, Åland Sea, Gulf of Finland, and Riga Bay. The Long-tailed Ducks leave the Baltic Sea in mid-May for their northeastward migration to the Arctic breeding sites (Bergman 1974, Hearn *et al.* 2015, Quillfeldt *et al.* 2021).

Material and methods

As a part of a larger study on the population dynamics of the Long-tailed Duck, photos of flying flocks were taken at offshore banks and at coastal wintering sites in the Baltic Sea. Photos were taken from boats and ships both during regular line transect surveys and during surveys when specifically searching for flocks. Photo surveys were performed in Swedish, Finnish, and German waters. More than 12,000 photos were obtained between 2008 and 2021. Photo surveys at the main wintering sites, that is, in the central and southern Baltic Proper, were performed between January and mid-April. Surveys further north in the Åland Archipelago and in the northwestern Gulf of Finland, where Long-tailed Ducks aggregate in spring, were performed between mid-April and beginning of May. Results from photo surveys performed along the coast of Gotland, Sweden, and at Hoburgs Bank and Northern Midsjö Bank in the Swedish Exclusive Economic Zone (Figure 1) are in this paper compared in more detail.

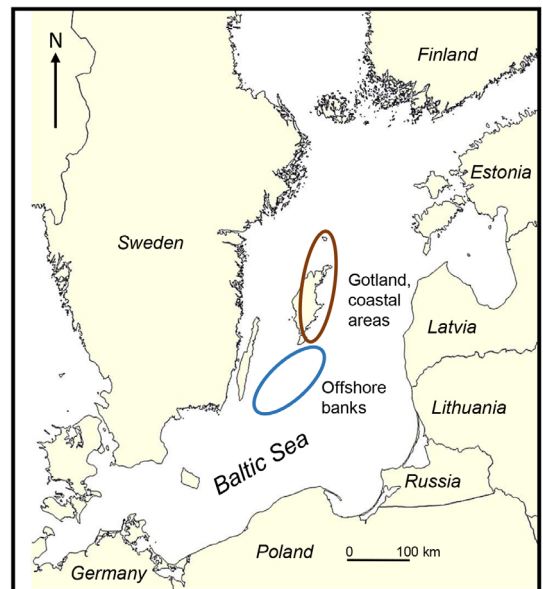


FIGURE 1. Map of the Baltic Sea region. The Long-tailed Duck *Clangula hyemalis* winters at offshore banks and at coastal sites around the Baltic Sea. The wintering areas along the coast of Gotland, Sweden (red ellipse), and at Hoburgs Bank and the Northern and Southern Midsjö Banks (blue ellipse) are highlighted. — Karta över Östersjöregionen. Alfågeln *Clangula hyemalis* övervintrar vid utsjöbankar och längs Östersjöns kuster. Övervintringsområden längs Gotlands kust (röd ellips) och vid Hoburgs bank samt Norra och Södra Midsjöbanken (blå ellips) är markerade.

When flocks were detected swimming on the water, the boat or the ship approached the flock, and when the birds flew off, usually against the wind, photos were taken from the side. Photos of flocks taken straight from behind are most often not possible to analyse. Photos were also taken of flying birds that were passing nearby when the ship was engaged in line transect surveys. The flocks that were approached varied in size from a few individuals to several hundred, sometimes several thousand birds. During the photo surveys, the aim was to take photos of specific flocks or individuals only once. When large flocks flew off the water, or were passing the boat, photos were taken sequentially of parts of the flock to reduce the risk of taking photos of the same birds more than once. Boundaries of large flocks of Long-tailed Ducks are difficult to define because flocks often change appearance and may consist of temporary subgroups, which in turn consists of pairs and unpaired individuals. The term flock size in the further analyses is therefore pragmatically defined as the number of birds observed in a photo.

Photos were taken with a high-quality Nikon digital camera equipped with Nikon telephoto lenses between 200 and 500 mm. The photos, jpg image files, were viewed in Adobe Photoshop and analysed manually. To obtain high quality photos, in which the birds were sharp enough to be individually aged and sexed, the camera settings ISO 800–2000, shutter speed 1/1000–1/2000 second, and image size 8–20 Mb were applied when possible. Settings were also chosen to avoid too light images and images with too high contrasts, especially in sunny conditions, so that light parts of the birds' plumage would not become blurred and impossible to analyse. Slightly too dark images could in most cases be lightened afterwards in Photoshop and analysed.

To compare estimates of different demographic parameters obtained at different photo surveys, for example, the proportion of first-winter males or the ratio of first-winter birds per adult female, estimates of standard errors of the statistics are required. The software SAS 9.4 (SAS 2021) was used when standard errors were estimated by bootstrapping.

Results and discussion

DESCRIPTION OF PLUMAGE TRAITS SHOWN IN WINTER AND SPRING

The body moult in Long-tailed Ducks is very complex and the changing appearance of males and females during the year gives the impression that the species has four plumages: a winter plumage, a plumage that combines part of the winter and the darker eclipse plumages, and an eclipse plumage, as well as a supplemental plumage in early fall (Savard & Petersen 2015). The number, and even the names, of the moulting periods and plumages of Long-tailed Ducks are debated (Savard & Petersen 2015, Reeber 2015). In this paper, only the plumage traits that Long-tailed Ducks show between January and mid-May at wintering sites before their northward spring migration to the Arctic breeding sites, will be described: the winter plumage and the combined winter and eclipse plumage, the latter henceforth called the spring plumage, for simplicity. Furthermore, consideration is only given to plumage traits and bill patterns that are detectable in photos of flying individuals, and that can be used to discriminate between three categories of individuals: adult males, first-winter males, and females (adult females and first-winter females combined).

The transition between the winter and spring plumages in adult males and females usually occurs in April. However, the transition is gradual and there is great variability between individuals. Some individuals may start the transition already at the end of March and a few individuals may still wear the distinct winter plumage in the beginning of May. The overall appearance of the plumage of first-winter males also changes gradually between January and May and varies greatly between individuals. In January, many first-winter males are female-like, but have some typical male characteristics. In late April and beginning of May, first-winter males look more like adult males, but still have some juvenile characteristics. Below follows a detailed description of plumage and bill characters that are detectable in photos of flying individuals. The characters can be used as keys to discriminate between adult males, first-winter males and females (summary in Table 1).

TABLE 1. Key characters that can be used to discriminate between adult males, first-winter males, and females when photos of flying flocks of Long-tailed Ducks *Clangula hyemalis* taken in winter and spring are analysed.

— Nyckelkaraktärer som kan användas för att särskilja adulta hanar, ungar hanar under första vintern, och honor när foton av flygande flockar av allfågel *Clangula hyemalis* tagna under vinter och vår analyseras. Unga hanar definieras som hanar observerade mellan januari och maj och som är födda föregående sommar.

Character Karaktär	Age/sex category Kategori av ålder/kön
(1) Complete solid black breast band down to the belly <i>Fullständigt svart bröstband ned till magen</i>	Adult ♂
(2) Fully elongated central tail feathers <i>Fullt förlängda mittre stjärtpenor</i>	Adult ♂
(3) White (winter) or reddish-brown (spring) elongated scapulars <i>Vita (vinter) eller rödbruna (vår) förlängda skapularer</i>	Adult or first-winter ♂ <i>Adult eller ung ♂</i>
(4) Pink distal band on the bill <i>Rosa band på yttre delen av näbben</i>	Adult or first-winter ♂ <i>Adult eller ung ♂</i>
(5) Typical male head feather pattern* <i>Typisk hanteckning på huvudets fjäderdräkt*</i>	Adult or first-winter ♂ <i>Adult eller ung ♂</i>
(6) Partial or patchy black breast band not fully extended down to the belly <i>Partiellt eller fläckigt bröstband som inte sträcker sig hela vägen till magen</i>	First-winter ♂ <i>Ung ♂</i>
Any of characters 3–5 but not character 1 <i>Någon av karaktär 3–5 men inte karaktär 1</i>	First-winter ♂ <i>Ung ♂</i>
Any of characters 3–5 but not character 2 <i>Någon av karaktär 3–5 men inte karaktär 2</i>	First-winter ♂ <i>Ung ♂</i>
Brownish plumage and none of characters 1–6 <i>Brunaktig dräkt och ingen av karaktär 1–6</i>	Adult or first-winter ♀ <i>Adult eller ung ♀</i>

* In winter, adult males have a typical head feather pattern consisting of a large olive-grey patch from the base of the bill to around the eye, and a large black oval patch on the lower cheeks. In spring, the head and neck become gradually black with an olive-grey patch in front of the eye and with a white eye ring extending backward as a broad eye stripe. The head feather patterns in first-winter males vary greatly between individuals and change gradually from female-like in late autumn and beginning of winter to fully adult male-like in May.

Under vintern har adulta hanar en typisk huvudteckning bestående av en stor olivgrå fläck från näbbasen till och runt ögat och en stor svart oval kindfläck. Under våren blir huvud och nacke gradvis svarta med en olivgrå fläck framför ögat och en vit ögonring som förlängs bakåt till ett brett ögonstreck. Huvudteckningen hos unga hanar varierar mellan individer och förändras gradvis från honlik under senhösten och början på vintern till helt lik adulta hanar i maj.

Adult males

Adult males exhibit a solid black breast band down to the belly. When viewed from the side, the black band contrasts strongly with the white flanks diagonally below the wings. Adult males also have two fully elongated central tail feathers and a pink distal band on the bill. In winter, adult males have well developed white scapulars. They also have a characteristic head feather pattern consisting of a large olive-grey patch from the base of the bill to around the eye, and a large black oval patch on the lower cheeks (Figure 2).

In spring, the head and neck become gradually black with an olive-grey patch in front of the eye and with a white eye ring extending backward as a broad eye stripe. The scapulars change colour from white to reddish-brown (Figure 2).

First-winter males

First-winter males do not have a complete black breast band. They may lack the breast band, or have a partial or patchy band not fully extended down to the belly. When viewed from the side, the breast band does not exhibit the sharp diagonal edge as in adults. First-winter males almost never have fully elongated central tail feathers. Sometimes first-winter males have slightly elongated central tail feathers, that is, visible but not as long as in adult males. First-winter males also have a pink distal band on the bill, although not always as bright as in adult males. In winter, the appearance of the white scapulars in first-winter males varies from almost invisible to nearly fully developed as in adult males. The head feather patterns in first-winter males vary greatly between individuals and change gradually

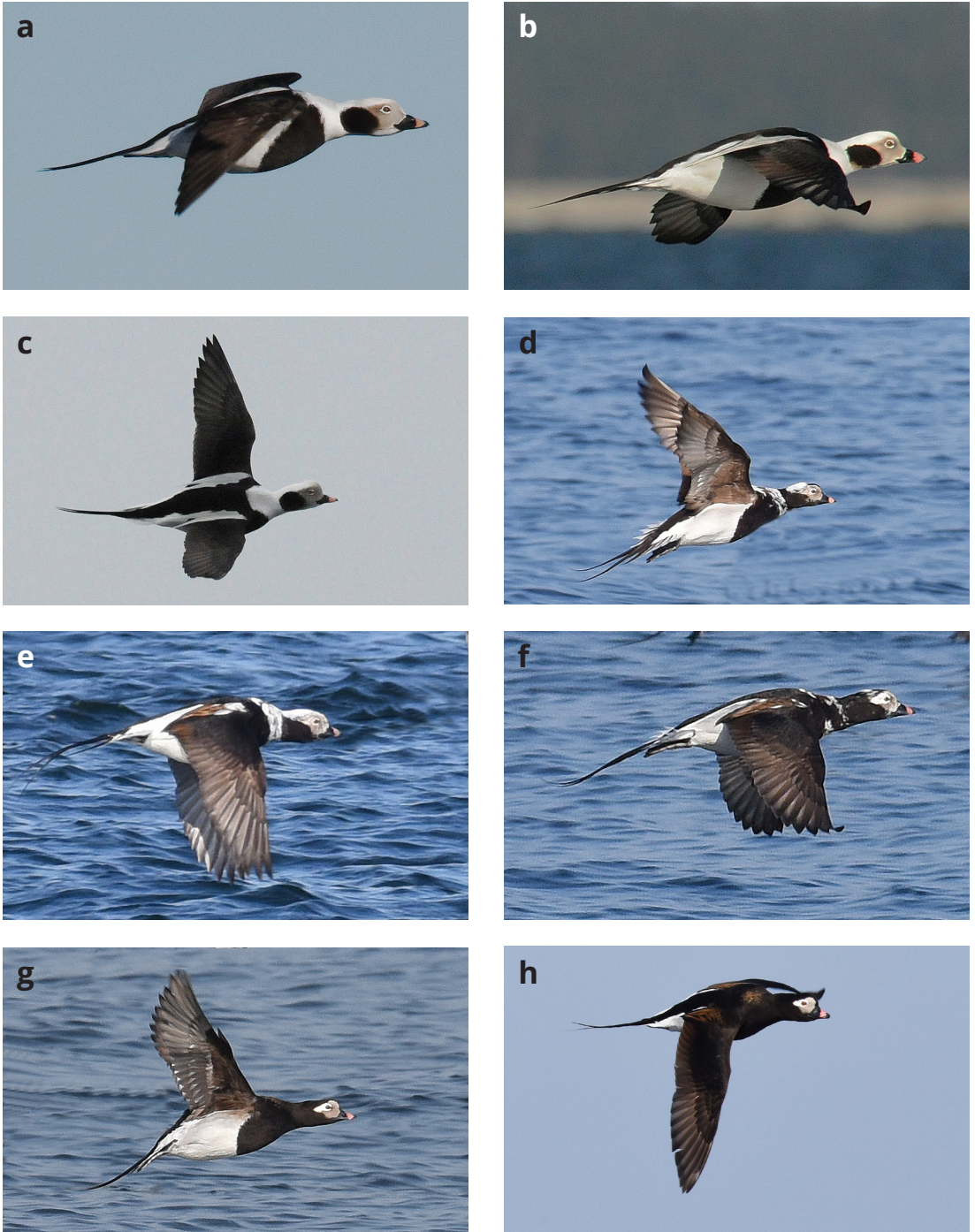


FIGURE 2. Adult male Long-tailed Ducks *Clangula hyemalis*. (a–c) Photos taken between January and March, showing the winter plumage. (d–h) Photos taken in late April, showing the transition into spring plumage. – Vuxna hanar av alfågel *Clangula hyemalis*. (a–c) Foton tagna mellan januari och mars, vilka visar vinterdräkten. (d–h) Foton tagna i slutet av april, vilka visar övergången till vårdräkten.

from female-like in late autumn and beginning of winter to fully adult male-like in May.

In spring, the neck and head gradually become black, and the scapulars change colour from white to reddish-brown as in adult males. The black neck and head, with an olive-grey patch in front of the eye and a white eye ring, might be identical to that of adult males. However, the black breast band does not extend down towards the belly (Figures 3–4).

Females

Because of their variable plumages, adult and first-winter females cannot be reliably distinguished in winter and spring based on photos taken at a distance of flying individuals. The pattern on head and body is variable, but typically the sides of the head are whitish with a darker brownish cheek patch, crown, and breast. In winter, some females appear pale and others darker brown. The bill is dark grey and lack a distal pink band. Females lack elongated central tail feathers and white elongated scapulars (Figure 5).

In spring, the head and neck become dark brown or blackish with a small white patch around the eye. Females are always easily distinguished from adult males. However, first-winter males may, in the beginning of the winter, be mistaken for females. First-winter males can be distinguished from females by the presence of either a pale or pink distal band on the bill, white scapulars, an incomplete black breast band, or the typical male head feather pattern (Figures 3–5).

FLOCK STRUCTURE

To be able to use results from photo surveys to estimate demographic parameters in the total winter population, such as the proportion of males or females, proportion of first-winter birds, or ratios such as first-winter birds per adult female, it is necessary to have knowledge about how different categories of birds are distributed at various scales. Below, the composition of flocks is described.

Proportion of males and females

Analyses of the whole dataset comprising 12,326 photos taken between January and May during 2008–2021 showed that there was an overall surplus of males in the wintering population. Furthermore, the proportion of males varied with flock size (Figure 6). Single birds

were in 80% of the cases males. By contrast, in flocks consisting of two birds, a female was accompanied by a male in 93% of the cases and, the proportion of males was 0.52. In flocks comprising three or five birds the proportion of males was 0.60 and 0.59, respectively, and the most common frequency distribution was two males and one female, and three males and two females, respectively. The observed frequency distribution of males and females in flocks of all sizes deviated from binomial distributions (Figure 6). Flocks containing approximately equal numbers of males and females were more common than expected if the sexes would have been independently distributed. This indicates that a large proportion of the females were paired, that is, were accompanied by a male flying at a very close distance.

Analyses of the subset of photos obtained at offshore banks, that is, at Hoburgs Bank and Northern Midsjö Bank, and along the coast of Gotland, respectively, revealed that the proportion of males in flocks of different sizes varied in a similar way at the two sites (Figure 7). Single birds were males in 86% and 77% of the cases, respectively. In flocks comprising of two birds, females were accompanied by males in 96% and 92% of the cases, respectively, and, hence, the proportion of males was close to 0.5 at both sites. On average, the proportion of males was slightly higher at offshore banks (Figure 7).

Proportion of first-winter males

Analyses of the whole data set, including data from all surveyed sites, showed that the proportion of first-winter males, on average, was highest in large flocks (Figure 8). The relationship was especially strong along the coast of Gotland. The proportion of first-winter males was generally lower at offshore banks than along the coast of Gotland (Figure 8). The low proportion of first-winter males observed in flocks of two and four birds, that is, in flocks that almost always was composed of equal numbers of males and females, indicates that first-winter males rarely are paired in their first winter and early spring.

When first-winter males were observed in flocks of three to seven birds, only one first-winter male was observed in the majority of cases. Flocks larger than three birds almost never consisted of first-winter males only. However, the number of flocks of three to seven

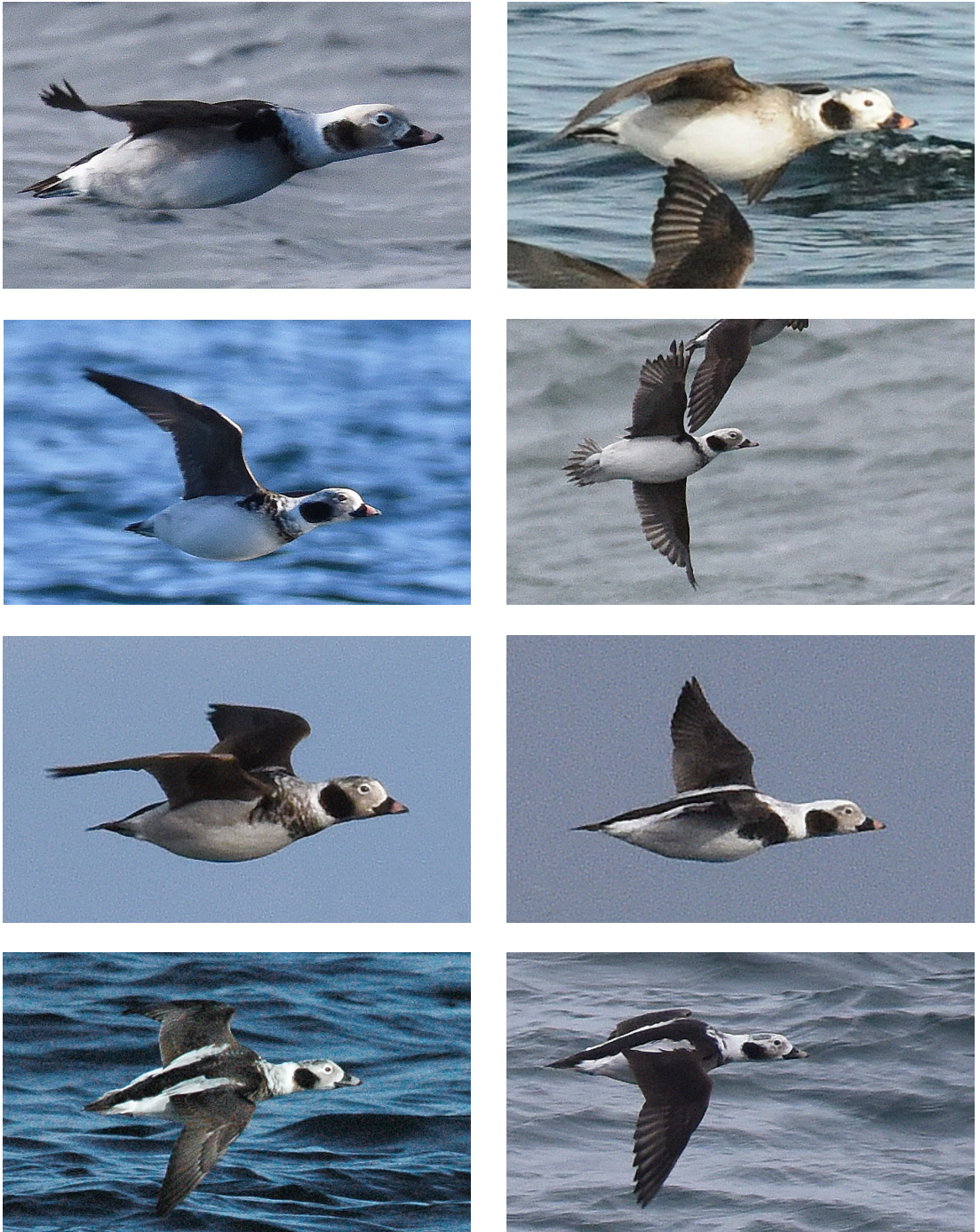


FIGURE 3. First-winter male Long-tailed Ducks *Clangula hyemalis*. All photos are taken between January and March and show the winter plumage and the transition from a more female-like appearance to the typical male appearance.
— Unga hanar av alfågel *Clangula hyemalis* under första vintern. Alla foton är tagna mellan januari och mars och visar vinterdräkten samt övergången från ett mer honlikt utseende till ett typiskt hanlikt utseende.



FIGURE 4. First-winter male Long-tailed Ducks *Clangula hyemalis*. photos are taken in late April and show the transition to spring plumage.
– Unga hanar av alfågel *Clangula hyemalis* under första vintern. Alla foton är tagna i slutet av april och visar övergången till vårdräkten.

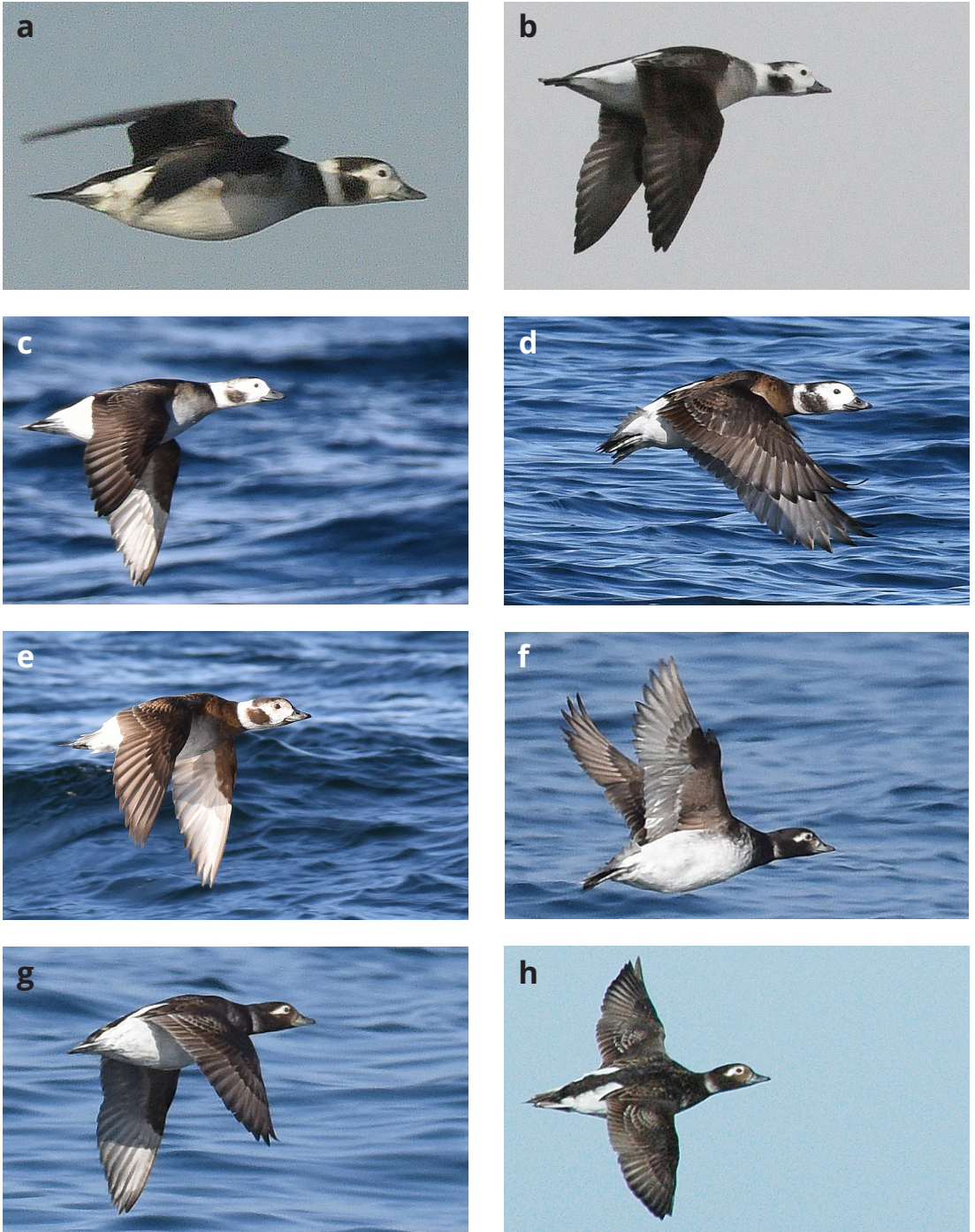


FIGURE 2. Female Long-tailed Ducks *Clangula hyemalis*. (a–c) Photos taken between January and March, showing the winter plumage. (d–h) Photos taken in late April, showing the transition into spring plumage.

— Honor av alfågel *Clangula hyemalis*. (a–c) Foton tagna mellan januari och mars, vilka visar vinterdräkten. (d–h) Foton tagna i slutet av april, vilka visar övergången till vårdräkten.

birds that comprised two or more first-winter males was higher than expected if first-winter males were distributed according to a binomial distribution (goodness of fit tests, all $p < 0.001$). Thus, first-winter males tend, to some extent, to join other first-winter males.

Sex ratios in first-winter birds

Because first-winter females, in practice, cannot be distinguished from adult females by the present photo survey method, it is here not possible to present specific data on the occurrences of first-winter females in flocks of different sizes or at different sites. However, in other studies of Long-tailed Ducks, dissection of birds by-caught in fishing gear or damaged by oil has revealed that first-winter females occur together with other categories, and in about the same frequencies as first-winter males, at both offshore and coastal sites (Stempniewicz 1994, Žydelis & Ruškytė 2005). Furthermore, studies of other duck species, in which the male surplus is significant among adults, have found that the sex ratios of juveniles or first-winter birds are close to parity (Wood *et al.* 2021). Thus, an assumption of an approximately equal sex ratio in first-winter Long-tailed Ducks, that is, that the sex ratio at hatching and the subsequent survival up to the first winter and spring is similar in males and females, seems justifiable. Given an assumption of an equal sex ratio in first-winter birds, the number of adult females in photos in a sample can be calculated as the total number of females minus the number of first-winter males. Furthermore, in many population models the fecundity term is expressed as a female age ratio, that is, the number of juvenile or first-winter females produced per adult female (Robertson 2008). Again, given an assumed equal sex ratio in first-winter birds, such a ratio can be estimated as the number of first-winter males divided by the calculated number of adult females.

STANDARD ERRORS OF ESTIMATES AND SAMPLE SIZES REQUIRED

The estimates of the proportion of males and proportion of first-winter males in flocks of different sizes presented in Figures 7–8 are based on the pooled number of adult males, first-winter males, and females, respectively, on all photos taken in the defined areas. Standard errors (SE) of presented proportions were calculated according to the following equation,

$$SE = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n-1}}$$

where p is the proportion of the nominated item (for example the proportion of males) and n is the number of all items in the sample (number of analysed birds on all photos). This equation to compute standard errors of proportions is considered to work well when n is large, and p is neither very small nor very large (Fowler *et al.* 1998).

An alternative useful method to estimate standard errors not only of proportions, but also of various ratios, for example the ratio of first-winter birds per adult females, is bootstrapping (Efron & Tibshirani 1994). By resampling photos with replacement, a large number (>1,000) of resampled data sets, of equal size as the original data set, can be generated. From each of the resampled data sets a desired sample statistic (for example the proportion of males) can be calculated. The thousand or more calculated sample statistics generate a sampling distribution. The standard error of the desired sample statistic (for example the standard error of the estimate of the proportion of males) is then obtained by calculating the standard deviation of the sampling distribution for that statistic. The bootstrapping method is especially suitable to estimate standard errors when normality assumptions might not apply, for example when ratios are analysed. The 27 standard errors of the estimated proportion of first-winter males in flocks of different sizes presented in Figure 8 were also estimated by bootstrapping. When compared to the values given by the equation above, the standard errors estimated by bootstrapping were on average 18 percent larger.

Resampling techniques can also be used to estimate how many photos are required to obtain estimates of proportions and ratios with a certain degree of precision. As an example, the standard error of estimates of the proportion of first-winter males, when different numbers of photos were analysed, are presented in Figure 9. Four different datasets were analysed: (A) 373 photos of, on average, 8.8 birds per photo from the coast of Gotland in 2014; (B) 211 photos of, on average, 13.6 birds per photo from offshore banks in 2014; (C) 377 photos of, on average, 14.5 birds per photo from the coast of Got-

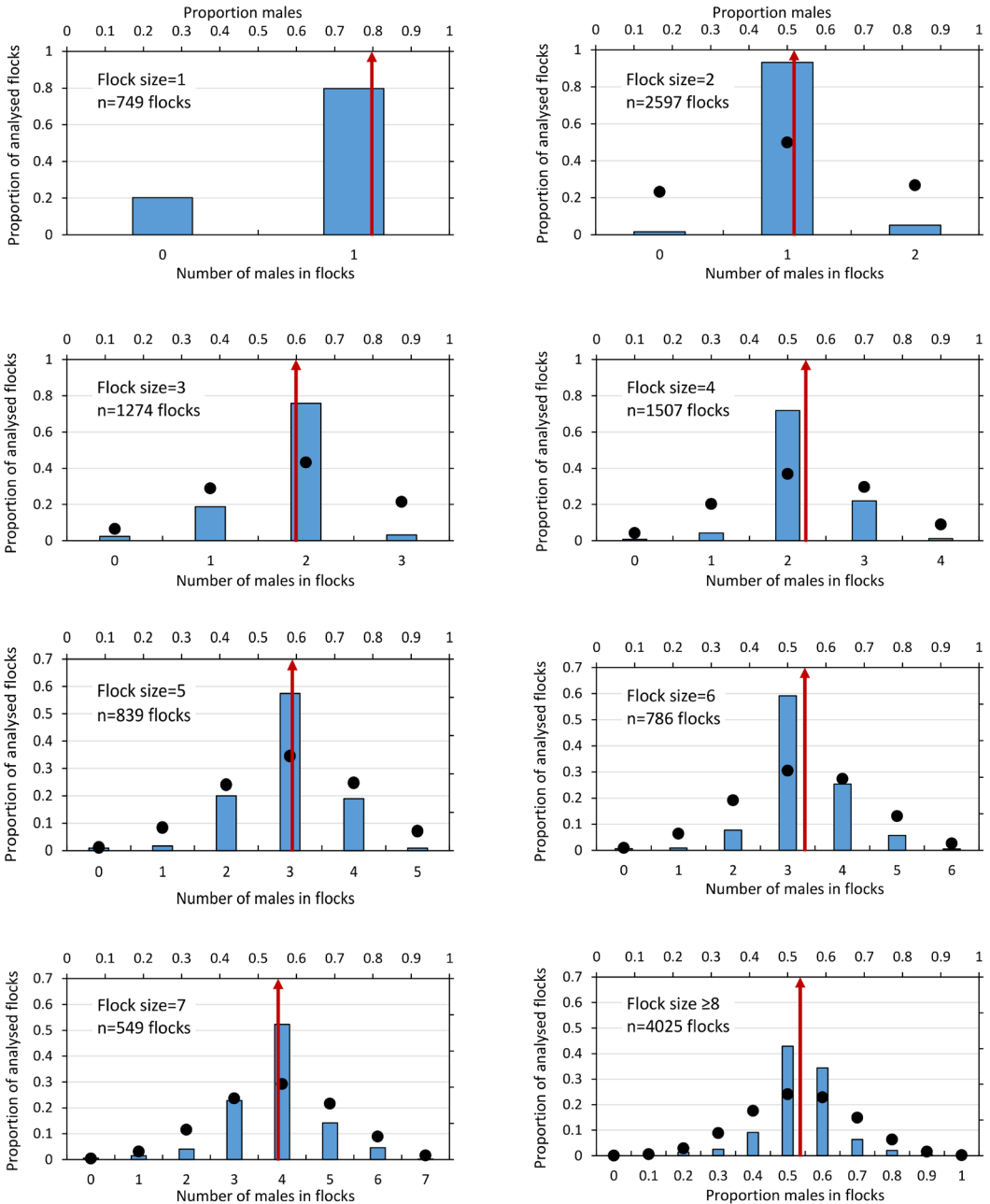


FIGURE 6. Blue bars show the frequency distribution of males in Long-tailed Duck *Clangula hyemalis* flocks of different sizes. Black dots show expected values for each flock size given a binomial distribution. For flock sizes of ≥ 8 , the black dots show expected values for a flock size of 10. Red arrows show the proportion of males on the upper x-axis. The observed frequency distribution of males and females, with stronger central peaks than expected if birds had been independently distributed, indicates that a large proportion of the females were paired.

– Blå staplar visar frekvensfördelningen av hanar av allfågel *Clangula hyemalis* i flockar av olika storlek. Svarta punkter visar förväntade värden för varje flockstorlek enligt en binomialfördelning. För flockstorlekar ≥ 8 visar de svarta punkterna förväntade värden för flockstorlek 10. Röda pilar visar andelen hanar på den övre x-axeln. Den observerade frekvensfördelningen av hanar och honor, med en tydligare central topp än förväntat om fåglarna hade varit fördelade på ett oberoende sätt, indikerar att en stor andel av honorna hade bildat par.

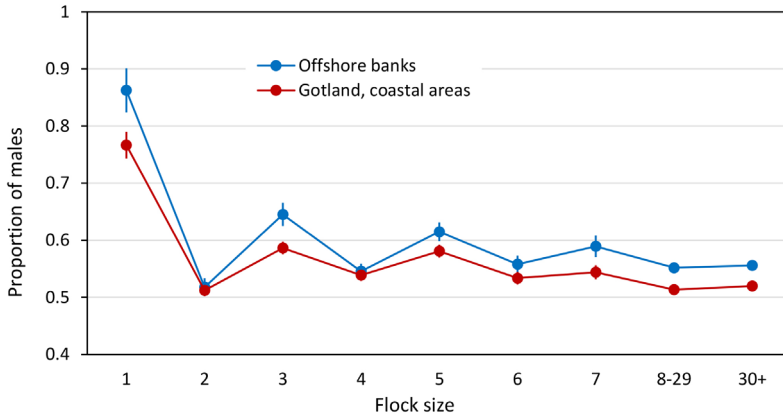


FIGURE 7. Proportion of Long-tailed Duck *Clangula hyemalis* males in flocks of different sizes at offshore banks (blue dots) and along the coast of Gotland (red dots). Error bars show ± 1 standard error. The number of flocks analysed is presented below the figure. There was an overall surplus of males. The proportion of males was slightly higher at offshore banks. Single birds were in the majority of cases males. In flocks which comprised two birds, females were accompanied by males in almost all cases and, hence, the proportion of males was close to 0.5. — *Andel hanar av allfågel Clangula hyemalis i flockar av olika storlek vid utsjöbankar (blå punkter) och längs Gotlands kust*

Offshore	80	507	186	350	175	184	96	765	150
Gotland	330	1,145	681	602	378	342	239	1,155	187

(röda punkter). Felstaplar visar ± 1 standardfel. Antalet analyserade flockar visas under figuren. Det var ett generellt överskott av hanar. Andelen hanar var högre vid utsjöbankar. Ensamma fåglar var i majoriteten av fallen hanar. I flockar som bestod av två fåglar, var honorna tillsammans med hanar i nästan alla fall. Andelen hanar var därför nära 0.5.

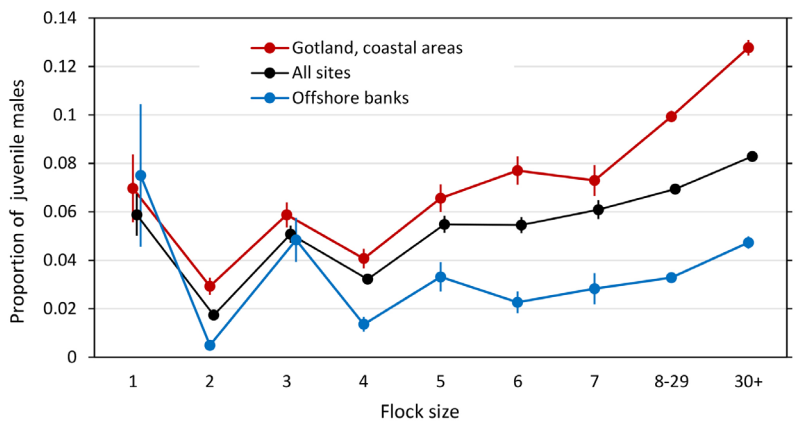
land in 2019; and (D) 368 photos of, on average, 7.3 birds per photo from offshore banks in 2019. Using subsets of the original numbers of photos, 1,000 re-sampling events, and starting with samples sizes of 20 photos and continuing upward, standard errors were calculated by bootstrapping (Figure 9). To obtain reasonably precise and practically usable estimates of the proportion of different bird categories by the photo survey method, given the natural variability of flock

structures, one hundred or more photos of different flocks per defined site should be aimed for.

CONSTRAINTS AND POSSIBLE BIASES

Most methods to estimate demographic parameters in the field have constraints. When taking photos of flying flocks of Long-tailed Ducks at sea, it is impossible to know if some birds after a while will fly close to the boat or ship again and be captured in photos a

FIGURE 8. Proportion of Long-tailed Duck *Clangula hyemalis* males in flocks of different sizes at offshore banks (blue dots) and along the coast of Gotland (red dots). Error bars show ± 1 standard error. The number of flocks analysed is presented below the figure. The proportion of first-winter males was highest in large flocks and generally lower at offshore banks. — *Andel unga hanar av allfågel Clangula hyemalis i flockar av olika storlek vid utsjöbankar (blå punkter) och längs Gotlands kust (röda punkter). Felstaplar visar ± 1 standardfel. Antalet analyserade flockar visas under figuren. Andelen unga hanar var högst i stora flockar och generellt sett lägre vid utsjöbankar.*



Gotland	330	1,145	681	602	378	342	239	1,155	187
All sites	749	2,597	1,274	1,507	839	786	549	3,269	756
Offshore	80	507	186	350	175	184	96	765	150

second time. This might not be a serious problem if different categories of birds, on average, have similar flight distances and behave in a similar way towards the boat or ship. If so, the birds on each photo could be regarded as an independent sample of the population at the surveyed site. However, to deliberately take and analyse several photos of the same birds should be avoided.

Different categories of Long-tailed Ducks can be identified with different certainty in photos. Adult males in winter plumage, with elongated tail-feathers and solid black breast bands can usually be picked out even in photos of very low quality. On the other hand, to be able to reliably separate first-winter males from females, especially in early winter when male plumage traits are only partially developed, high quality photos are needed. Thus, to avoid biases related to the procedure of selecting photos for further analyses, one should only select photos of such a quality that all, or at least nearly all, individuals in the photo can be reliably categorised.

Furthermore, when analysing very large numbers of birds in photos, a few individuals with very odd plumages, which are impossible to categorise, may be observed. Some birds may also be almost completely hidden behind other birds in photos, which makes categorisation difficult. However, an exclusion of a few such uncategorised individuals from the data set, especially in cases where sample sizes are large, will have only negligible effects on estimated sample statistics.

POPULATION-WIDE ESTIMATES

The presented photo survey method, after considering possible confounding effects of non-random flock structures and other small-scale non-random distribution patterns, can be used to obtain basic demographic data for Long-tailed Ducks at specific wintering sites. But, as found in this study, the distribution of different categories of birds can differ between relatively closely situated wintering sites. Thus, to obtain yearly population-wide estimates for the whole West Siberian/North European population of Long-tailed

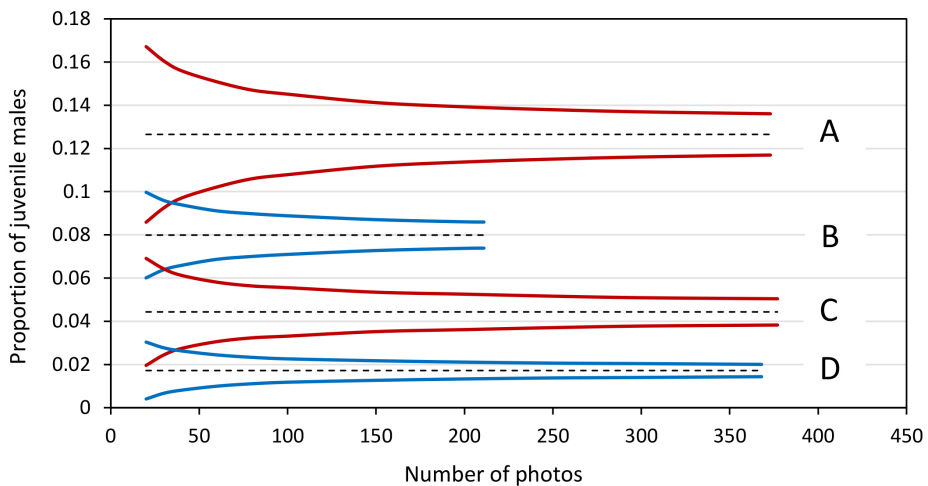


FIGURE 9. Standard errors of estimates of the proportion of first-winter male Long-tailed Ducks *Clangula hyemalis* in relation to the number of analysed photos at four different occasions. Standard errors were estimated by bootstrapping. Dotted lines show the estimated proportion of first-winter males in flocks: (A) along the coast of Gotland in 2014, (B) at offshore banks in 2014, (C) along the coast of Gotland in 2019, and (D) at offshore banks in 2019. Curved lines above and below dotted lines show ± 1 standard errors when only randomly chosen subsets of the available photos were used in the bootstrap procedure. The total numbers of available original photos were 373, 211, 377, and 368, in A, B, C, and D, respectively.

– Standardfel av skattningar av andelen unga hanar av alfågel *Clangula hyemalis* under första vintern i relation till antal analyserade foton vid fyra olika tillfällen. Standardfel beräknades med hjälp av bootstrapping. Streckade linjer visar den beräknade andelen unga hanar i flockar: (A) längs Gotlands kust 2014, (B) vid utsjöbankar 2014, (C) längs Gotlands kust 2019 och (D) vid utsjöbankar 2019. Böjda linjer över och under streckade linjer visar ± 1 standardfel när endast slumpmässigt valda delmängder av de tillgängliga foton användes i bootstrap-proceduren. Det totala antalet tillgängliga originalfoton var 373, 211, 377 och 368, i A, B, C och D.

Duck, data from several representative wintering sites in the Baltic Sea must be combined. Analyses on how demographic data from different wintering sites should be weighted, combined, and most effectively included in population models is outside the scope of this paper. However, important factors to take into account in further analyses and population models are the spatial and temporal large-scale distributions, that is, how Long-tailed ducks are distributed among wintering sites, and how individuals move between sites during winters.

Acknowledgements

I thank all colleagues, assistants, and ship crews for making the photo surveys from ships and boats possible in different parts of the Baltic Sea. I especially thank Marie Jacobsson, Jens Bardtrum, Roger Friman, Mikael Kilpi, Nele Markones, and Kai Borkenhagen for valuable help at sea. Financial support was provided by the Swedish Environmental Protection Agency.

References

- Aharon-Rotman Y, Soloviev M, Minton C, Tomkovich P, Hassell C & Klaassen M. 2015. Loss of periodicity in breeding success of waders links to changes in lemming cycles in Arctic ecosystems. *Oikos* 124: 861–870. <https://doi.org/10.1111/oik.01730>
- Bellebaum J, Schirmeister B, Sonntag N & Garthe S. 2012. Decreasing but still high: bycatch of seabirds in gillnet fisheries along the German Baltic coast. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 23: 210–221. <https://doi.org/10.1002/aqc.2285>
- Bergman G. 1974. The spring migration of the Long-tailed Duck and the Common Scoter in western Finland. *Ornis Fennica* 51: 129–145. Available at https://lintulehti.birdlife.fi:8443/pdf/artikkelit/1027/tiedosto/of_51_129-145_artikkelit_1027.pdf
- Durinck J, Skov H, Jensen FP & Pihl S. 1994. *Important marine areas for wintering birds in the Baltic Sea*. – EU DG XI Research Contract no. 2242/90-09-01. *Ornis Consult Report* 1994, 110 pp. Available at https://www.researchgate.net/publication/275678381_Important_Marine_Areas_for_Wintering_Birds_in_the_Baltic_Sea/link/5570424bo8aefcb861ddd7c4/download
- Efron B & Tibshirani RJ. 1994. *An Introduction to the Bootstrap*. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, FL, USA.
- Fowler J, Cohen I & Jarvis P. 1998. *Practical Statistics for Field Biology, second edition*. Wiley, Chichester.
- Hario M, Rintala J & Nordenswan G. 2009. Dynamics of wintering Long-tailed Ducks in the Baltic Sea – the connection with lemming cycles, oil disasters, and hunting. *Suomen Riista* 55: 83–96. [In Finnish, with English summary.]
- Hearn RD, Harrison AL & Cranswick PA. 2015. *International Single Species Action Plan for the Conservation of the Long-tailed Duck (Clangula hyemalis)*. AEWa Technical Series No. 57. AEWa, Bonn, Germany. Available at https://www.unep-aewa.org/sites/default/files/publication/aewa_ts57_issap_ltd.pdf
- Karwinkel T, Pollet IL, Vardeh S, Kruckenberg H, Glazov P, Loshchagina J, Kondratyev A, Merkel B, Bellebaum J & Quillfeldt P. 2020. Year-round spatiotemporal distribution pattern of a threatened sea duck species breeding on Kolguev Island, south-eastern Barents Sea. *BMC Ecology* 20: 31. <https://doi.org/10.1186/s12898-020-00299-2>
- Lehikoinen A, Kondratyev AV, Asanti T, Gustafsson E, Lamminsalo O, Lapshin NV, Pessa, J & Rusanen P. 2006. *Survey of arctic bird migration and staging areas at the White Sea, in the autumns of 1999 and 2004*. The Finnish Environment 25. Finnish Environment Institute, Helsinki. Available at <http://hdl.handle.net/10138/38722>
- Larsson K. 2022. Age and sex ratios in the declining West Siberian/North European population of Long-tailed Duck wintering in the Baltic Sea: Implications for conservation. *Ornis Fennica* 99: 117–131. <https://doi.org/10.51812/of.113681>
- Larsson K & Tydén L. 2005. Effects of oil spills on wintering Long-tailed Ducks *Clangula hyemalis* at Hoburgs bank in central Baltic Sea between 1996/97 and 2003/04. *Ornis Svecica* 15: 161–171. <https://doi.org/10.34080/os.v15.22740> [In Swedish with English summary.]
- Loshchagina J, Vardeh S, Glazov P, Pollet IL & Quillfeldt P. 2019. Long-tailed Duck (*Clangula hyemalis*) ecology: insights from the Russian literature. Part 2: European part of the Russian breeding range. *Polar Biology* 42: 2277–2297. <https://doi.org/10.1007/s00300-019-02595-0>
- Nilsson L. 2016. Changes in numbers and distribution of wintering Long-tailed Ducks *Clangula hyemalis* in Swedish waters during the last fifty years. *Ornis Svecica* 26: 162–176. <https://doi.org/10.34080/os.v26.21855>
- Nolet BA, Bauer S, Feige N, Kokorev YI, Popov IY & Ebbinge BS. 2013. Fluctuating lemming cycles reduce productivity and population size of a migratory Arctic goose species. *Journal of Animal Ecology* 82: 804–813. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12060>
- Petersen IK, Mackenzie ML & Scott-Hayward LAS. 2018. *Long-term impacts on Long-tailed Duck distributions resulting from the construction of the Rødsand II and Nysted offshore wind farms, Denmark*. Technical Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 120. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, Aarhus, Denmark. 20 pp. Available at <http://dce2.au.dk/pub/TR120.pdf>
- Quillfeldt P, Morkunas J, Kruckenberg H, Kondratyev A, Loshchagina J, Aarvak T, Jostein Oien J, Bellebaum J & Glazov P. 2021. Year-round movements of Long-tailed Ducks *Clangula hyemalis* from Kolguev Island, Barents Sea. *Polar Biology* 45: 71–87. <https://doi.org/10.1007/s00300-021-02973-7>
- Reeber S. 2015. *Wildfowl of Europe, Asia and North America*. Helm Identification Guides. Bloomsbury Publishing Plc, London, UK.
- Rintala J, Hario M, Laursen K & Møller AP. 2022. Large scale changes in marine and terrestrial environments drive the population dynamics of long tailed ducks breeding in Siberia. *Scientific Reports* 12: 12355. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16166-7>
- Robertson GJ. 2008. Using winter juvenile/adult ratios as indices of recruitment in population models. *Waterbirds* 31: 152–158. <https://doi.org/10.1675/1524-4695-31.sp2.152>
- SAS 2021. <https://support.sas.com/en/documentation.html>
- Savard J-PL & Petersen MR. 2015. Remigial Molt of Sea Ducks. Pp 305–335 in *Ecology and Conservation of North American sea ducks*. Studies in Avian Biology, Volume 46 (Savard, J-PL, Derksen DV, Esler D & Eadie JM, eds). CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Skov H, Heinanen S, Žydelis R, Bellebaum J, Bzoma S, Dagsys M, Durinck J, Garthe S, Grishanov G, Hario M, Kieckbusch JJ, Kube J, Kuresoo A, Larsson K, Luigujoe L, Meissner W, Nehls HW, Nilsson L, Petersen IK, Roos MM, Pihl S, Sonntag N, Stock A,

- Stipniece A & Wahl J. 2011. Waterbird populations and pressures in the Baltic Sea. *TemaNord* 2011:550. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark. Available at <https://www.norden.org/en/publication/waterbird-populations-and-pressures-baltic-sea>
- Sokolov V, Vardeh S & Quillfeldt, P. 2019. Long-tailed Duck (*Clangula hyemalis*) ecology: insights from the Russian literature. Part 1: Asian part of the Russian breeding range. *Polar Biology* 42: 2259–2276. <https://doi.org/10.1007/s00300-019-02594-1>
- Stempniewicz L. 1994. Marine birds drowning in fishing nets in the Gulf of Gdansk (southern Baltic): numbers, species composition, age and sex structure. *Ornis Svecica* 4: 123–132. <https://doi.org/10.34080/os.v4.23026>
- Waldeck P & Larsson K. 2013. Effects of winter water temperature on mass loss in Baltic blue mussels: Implications for foraging sea ducks. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 444: 24–30. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2013.03.007>
- Wetlands International. 2021. *Waterbirds Populations Portal*. <https://wpp.wetlands.org/>
- Wood KA, Brides K, Durham ME & Hearn RD. 2021. Adults have more male-biased sex ratios than first-winter juveniles in wintering duck populations. *Avian Research* 12: 51. <https://doi.org/10.1186/s40657-021-00286-1>
- Žydelis, R & Ruškytė D. 2005. Winter foraging of long-tailed ducks (*Clangula hyemalis*) exploiting different benthic communities in the Baltic Sea. *Wilson Bulletin* 117: 133–141. <https://doi.org/10.1676/04-045>

Svensk sammanfattning

Den västsibiriska / nordeuropeiska populationen av alfågel *Clangula hyemalis* som häckar i Fennoskandia och nordvästra Ryssland, och övervintrar i Östersjön, har minskat mycket kraftigt under de senaste 30 åren. På grund av den snabba minskningen från cirka 4,3 miljoner individer 1992–1993 till cirka 1,5 miljoner individer 2007–2009 har alfågeln klassats som globalt sårbar på IUCNs rödlista (Skov m. fl. 2011, Hearn m. fl. 2015, Wetlands International 2021). Senare inventeringar har även indikerat en fortsatt minskning (Nilsson 2016, Larsson 2022).

Det finns flera orsaker till minskningen. I övervintringsområdena kan en observerad extra dödlighet på grund av bifångst i fiske, utsläpp av olja och kemikalier från fartyg, samt jakt, tillsammans ha lett till en för hög årlig dödlighet för att en stabil population ska kunna upprätthållas (Larsson & Tydén 2005, Bellebaum m. fl. 2012, Hearn m. fl. 2015). I framtiden kan även etableringar av stora vindkraftsparker på utsjöbankar i Östersjön leda till att alfåglar permanent undviker viktiga födosöksplatser med rik födotillgång (Petersen m. fl. 2018). Minskad tillgång till musslor och annan föda av hög kvalitet, antingen på grund av undvikande effekter eller andra miljöfaktorer (Waldeck & Larsson 2010), kan indirekt påverka överlevnaden och förmågan att lagra tillräckliga mängder energi och näring inför vårflyttningen norrut och häckningen i Arktis.

Minskningen kan också delvis ha orsakats av förändrade förhållanden vid häckningsplatserna i Arktis. Allt svagare och oregelbundna lämmelcykler som kan leda till ett ökat predationstryck, och faktorer kopplade till klimatförändringar, har till exempel rapporterats

påverka flera arktiskt häckande fågelarter på ett negativt sätt (Hario m. fl. 2009, Nolet m. fl. 2013, Aharon-Rotman m. fl. 2015, Rintala m. fl. 2022).

För att kunna införa effektiva åtgärder för att stoppa minskningen av den västsibiriska / nordeuropeiska populationen av alfågel behövs kunskap om demografiska parametrar. Kunskap om ungproduktion, överlevnad och könskvot är nödvändig för att på ett mer detaljerat sätt klargöra om en alltför låg häckningsframgång eller en alltför hög årlig dödlighet, eller en kombinerad effekt, orsakat minskningen.

Att studera demografiska parametrar i de arktiska häckningsområdena är på grund av logistiska skäl endast möjligt på en lokal skala eftersom bon är spridda i låga tätheter över mycket stora tundraområden. Däremot, under vinterhalvåret, mellan oktober och mitten av maj, ansamlas alfåglar från de ryska arktiska häckningsområdena i Östersjön. Tusentals fåglar, ofta i stora flockar, kan då observeras vid utsjöbankar och kustområden (Skov m. fl. 2010, Karwinkel m. fl. 2020).

Syftet med denna artikel är att introducera en fotoinventeringsmetod med vilken det är möjligt att från båtar och fartyg samla in basdata som behövs för att skatta årlig ungproduktion hos den arktiskt häckande alfågelpopulationen. Genom att analysera ett stort antal foton av flockar av flygande alfåglar vid representativa övervintringsplatser i Östersjön kan man få platsspecifik information om ålders- och könskvoter. Data från ett flertal platser kan därefter kombineras och analyseras statistiskt för att erhålla robusta uppskattningar av årlig ungproduktion för hela den övervintrande populationen.

I denna artikel beskrivs först de dräktkaraktärer och näbbmönster hos alfåglar som kan urskiljas på foton tagna på avstånd, och som kan användas för att särskilja tre kategorier av individer, adulta hanar, unga hanar under första vintern, och honor. Unga hanar definieras som hanar observerade mellan januari och maj och som är födda föregående sommar.

För att kunna kombinera och extrapolera resultat från flera olika fotoinventeringar i övervintringsområdet och erhålla information om demografiska parametrar för hela populationen krävs kunskap om hur olika köns- och ålderskategorier är fördelade på olika rumsliga skalor. På en regional skala kan till exempel olika kategorier individer föredra olika habitat eller ha olika rörelsemönster och därmed fördela sig på olika sätt inom övervintringsområdet. På en mindre rumslig skala, kan fördelningen av olika kategorier i enskilda flockar påverkas av parbildningsbeteenden eller andra sociala beteenden. Här används data från fotoinventeringar för att främst belysa hur olika kategorier individer är fördelade på den lilla rumsliga skalan, dvs. hur hanar och honor, respektive adulter och unga fåglar, är fördelade i flockar av olika storlek.

Avslutningsvis diskuteras hur många foton av flygande flockar som behövs för att erhålla representativa ingångsvärden till vidare demografiska analyser samt olika begränsningar och felkällor som är förknippade med fotoinventeringsmetoden.

STUDERAD POPULATION OCH METODER

Östersjön är ett viktigt övervintringsområde för alfåglar som häckar i ryska arktis väst om Taimyrhalvön (Loshchagina m. fl. 2019, Karwinkel m. fl. 2020, Quillfeldt m. fl. 2021). Alfåglar som häckar öster om Taimyrhalvön antas övervintra österut längs ryska och östasiatiska kusten. Viss del av de alfåglar som häckar öster om Uralbergen men väster om Taimyrhalvön flyttar eventuellt även österut på hösten (Loshchagina m. fl. 2019, Sokolov m. fl. 2019). I vilken grad alfåglar som häckar i norra Fennoskandia övervintrar i Östersjön är inte känt. Eventuellt övervintrar dessa fåglar även längs Norges västkust (Hearn m. fl. 2015).

Alfåglar som flyttar söderut från de arktiska häckningsområdena anländer till Östersjön huvudsakligen i oktober. Adulta hanar anländer i genomsnitt något tidigare är honor och ungfåglar men det tidsmässiga överlappet är stort (Lehikoinen m. fl. 2006). Under

vintern ansamlas alfåglar vid musselrika utsjöbankar och längs Östersjöns kuster. De utsjöbankar som hyser flest individer är Hoburgs bank, Norra och Södra Midsjöbanken, Slupsk bank, Oder bank, Rønne bank och Adler grund i svensk, polsk, tysk och dansk ekonomisk zon (Durinck m. fl. 1994, Skov m. fl. 2011). Viktiga övervintringsplatser inom territorialvattengränsen finns vid Irbesundet och Rigabukten i Estland och Lettland, runt Gotland och Öland i Sverige, men även lokalt längs kusterna i Litauen, Polen, Tyskland, Danmark, Sverige och Finland. I april och maj ansamlas en stor del av den övervintrande populationen i norra Egentliga Östersjön, Ålands hav, Finska skärgårdshavet, Finska viken och Rigabukten. Alfågglarna lämnar Östersjön och flyttar norrut till häckningsplatserna i mitten av maj (Bergman 1974, Hearn m. fl. 2015, Quillfeldt m. fl. 2021).

Flygande alfågelflockar vid utsjöbankar och längs kustområdena fotograferades mellan 2008 och 2021. Foton togs i samband med fartygsbaserade linjeinventeringar och vid inventeringar när flockar aktivt söktes upp med båt. Fotoinventeringar genomfördes i svenska, finländska och tyska vatten. Data från inventeringar längs Gotland kust och vid Hoburgs bank och Norra Midsjöbanken analyseras här mer i detalj (figur 1). Foton togs med en digital Nikon kamera med 200–500 mm teleobjektiv. De erhållna bilderna, jpg-filer om 8–20 Mb, analyserades manuellt med hjälp av Adobe Photoshop.

RESULTAT OCH DISKUSSION

Att särskilja adulta hanar, unga hanar under första vinter, och honor

Ruggningsmönstret hos alfågeln är komplext och fåglarnas utseende förändras flera gånger per år (Savard & Petersen 2015, Reeber 2015). Övergången mellan olika dräkter är dessutom utdragen och inte helt synkron vilket leder till en stor variation i dräkter även i en och samma flock vid samma tidpunkt. Här beskrivs enbart de dräkter som alfåglar uppvisar mellan januari och mitten av maj i övervintringsområdet innan vårflyttningen påbörjas till de arktiska häckningsplatserna, dvs. en vinterdräkt och en övergångsdräkt, här kallad vårdräkt. Vidare beskrivs enbart de dräktkaraktärer och näbbmönster som kan urskiljas på foton av flygande individer och som kan användas för att särskilja tre kategorier av individer: adulta hanar, unga hanar under

första vinter, och honor. Dräktkaraktärer som kan användas för att särskilja de tre kategorierna visas i figur 2–5 samt beskrivs i tabell 1.

Adulta hanar har ett helt svart bröstband ner till magen, två förlängda stjärtspröt, samt ett rosa band på näbben (figur 2). I vinterdräkt har adulta hanar välutvecklade vita skulderfjädrar och en karaktäristisk huvudteckning bestående av en stor olivgrå fläck från näbbasen till runt ögat och en stor svart oval kindfläck. I vårdräkten blir huvud och nacke gradvis svarta med en olivgrå fläck framför ögat och en vit ring runt ögat. Skulderfjädrarnas färg skiftar under våren till rödbrunt.

Unga hanar under första vintern har inte ett komplett svart bröstband (figur 3–4). De kan sakna bröstband eller ha ett ofullständigt svart bröstband som inte går ända ned till magen. Unga hanar har i de flesta fall ej förlängda stjärtspröt. Ibland har unga hanar något förlängda stjärtspröt men inte lika långa som hos adulta hanar. Unga hanar har ett rosa band på näbben men inte alltid lika tydligt som hos adulta hanar. Under vintern kan de vita skulderfjädrarnas utseende variera från nästan osynliga till fullt utvecklade. Huvudteckningen varierar från honlik under senhösten till helt lik adulta hanar i maj. Under våren blir huvud och nacke gradvis svarta med en olivgrå fläck framför ögat och en vit ring runt ögat som hos adulta hanar. Bröstbandet går dock inte ända ner till magen.

Adulta och unga honor under första vintern kan på grund av varierande utseenden i praktiken inte med säkerhet särskiljas på foton tagna på avstånd. Huvudets och kroppens utseende varierar, men vanligtvis är huvudets sidor ljusa med en mörkare brun kindfläck och mörkare bröst (figur 5). Under vintern är vissa honor ljusa och andra mer mörkbruna. Näbben är mörkgrå och saknar ett rosa band. Honor har inte förlängda stjärtfjädrar eller vita skulderfjädrar. Under våren skiftar huvud och nacke färg till mörkbrunt eller svart med en vit fläck runt ögat. Honor kan i alla dräkter enkelt särskiljas från adulta hanar. Unga hanar kan dock tidigt under vintern likna honor. Unga hanar kan emellertid särskiljas från honor antingen genom förekomsten av ett ljus eller rosa band på näbben, vita skulderfjädrar, ett inte helt komplett svart bröstband eller ett typisk hantecknat huvud.

Flockstrukturer, ålders- och könkvot

Analysen av foton visade att det fanns ett generellt

överskott av hanar i populationen (figur 6). En sned könkvot med ett hanöverskott bland adulta individer är vanligt hos änder och förklaras vanligen av ett högre predationstryck på honor under häckningen (Wood m. fl. 2021). Såväl andelen hanar som andelen unga hanar var dock olika i flockar av olika storlek. Detta mönster bör beaktas när information från olika inventeringar används som ingångsvärden i vidare demografiska analyser. Ensamma fåglar var i cirka 80 procent av fallen hanar (figur 6). I flockar bestående av två fåglar var däremot andelen hanar nära 0,5. I flockar bestående av tre och fem fåglar var andelen hanar cirka 0,6 och de vanligaste kombinationerna var två hanar och en hona, respektive tre hanar och två honor. Den observerade fördelningen av hanar och honor i flockar av alla storlekar avvek från en binomialfördelning. Flockar bestående av ungefärligen lika antal hanar och honor var mer vanliga än vad som kunde förväntas om individerna varit oberoende fördelade. Detta indikerar att en stor andel av honorna hade bildat par. Analyserna visade även att andelen hanar generellt sett var något högre i flockar på utsjöbankar än längs Gotlands kust (figur 7).

Andelen unga hanar var högst i stora flockar. Andelen unga hanar var också generellt sett lägre på utsjöbankar än längs Gotlands kust (figur 8). Den låga andelen unga hanar i flockar om två eller fyra fåglar, dvs. i flockar som nästan alltid bestod av lika antal hanar och honor, indikerar att unga hanar sällan har bildat par under första vintern och tidig vår.

När unga hanar observerades i flockar om tre till sju fåglar, ingick endast en ung hane i majoriteten av flockarna. Flockar större än tre fåglar bestod nästan aldrig av enbart unga hanar. Däremot var antalet fall när två eller fler unga hanar observerades i flockar om tre till sju fåglar högre än vad som kan förväntas enligt en binomialfördelning. Unga hanar tycks därför i viss utsträckning ansluta sig till andra unga hanar.

Eftersom unga honor under första vintern i praktiken inte kan särskiljas från adulta honor på foton tagna på avstånd är det inte möjligt att med hjälp av en fotoinventering avgöra hur unga honor är fördelade i flockar av olika storlek eller vid olika platser. I andra studier av alfåglar, till exempel när fåglar som bifångats i fisknät eller dött av oljeskador har dissekerats, har man däremot funnit att unga honor förekommit i ungefär samma frekvens som unga hanar såväl i utsjöområden

som i kustnära områden (Stempniewicz 1994, Žydelis & Ruškytė 2005). I studier av andra arterer som har ett överskott av adulta hanar har man också funnit att könskvoten hos unga fåglar den första vintern är nära jämn (Wood m. fl. 2021). Ett antagande om en ungefärligen lika könskvot bland unga alfåglar, dvs. att könskvoten vid kläckning och överlevnadsgraden fram till första vinter och vår är likartad hos hanar och honor, verkar därmed grundad. Givet ett antagande om en lika könskvot bland unga fåglar under första vinter kan antalet adulta honor på foton vid en inventering beräknas som det totala antalet honor minus antalet unga hanar. I många modeller och simuleringar rörande populationers utveckling uttrycks fekunditetstermen som kvoten unga honor per adult hona (Robertson 2008). Återigen, givet en lika könskvot bland unga fåglar under första vintern kan en sådan fekunditetsterm och kvot beräknas som antalet unga hanar dividerat med det beräknade antalet adulta honor.

Osäkerheter och felkällor

För att beräkna standardfelet (SE) för den skattade andelen individer av en viss kategori vid en viss inventeringsplats kan alternativa metoder användas. En metod är att beräkna standardfelet enligt

$$SE = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n-1}}$$

där p är andelen (proportionen; till exempel andelen hanar) och n är det totala antalet individer i stickprovet. En alternativ robust metod som är användbar för att beräkna standardfel är bootstrapping. Denna metod är särskilt användbar även när man vill beräkna standardfel inte enbart för andelar utan också för kvoter, till exempel antal unga hanar per adult hona. När data för andelen unga hanar (figur 8) användes för att jämföra de två metoderna för att beräkna standardfel erhöles likartade värden. Standardfel beräknade med bootstrapping var i genomsnitt 18 procent större än värden som erhöles enligt ekvationen ovan.

Bootstrapping kan även användas för att beräkna hur många foton som behövs för att till exempel skatta andelen unga hanar med en viss grad av precision (figur 9). För att erhålla praktiskt användbara skattningar av andelen individer av en viss kategori med fotoinventeringsmetoden, givet variationen i flockstruktur, bör man sträva efter att analysera minst

cirka hundra foton per definierad plats. Att analysera betydligt fler foton ger liten vinst i fråga om storleken på standardfelet.

De flesta metoder som används i fält för att skatta demografiska parametrar har begränsningar. Vid fotografering av alfågelflockar till havs är det omöjligt att veta om några individer eller flockar efter en stund kommer nära fartyget igen och blir fotograferade en andra gång. Detta behöver inte vara ett allvarligt problem om olika kategorier av alfåglar, i genomsnitt, har ett likartat beteende gentemot båtar och fartyg. Om så är fallet kan varje foto anses vara ett oberoende stickprov av populationen vid den studerade platsen. Att medvetet ta och analysera flera foton av samma fåglar ska däremot undvikas.

Olika kategorier av alfåglar kan identifieras med olika säkerhet. Adulta hanar i vinterdräkt, med långa stjärtspröt och tydligt svart bröstband, kan identifieras lätt även på foton av låg kvalitet. För att säkert särskilja unga hanar från honor, särskilt under tidig vinter, när dräktkaraktärer typiska för hanar endast är delvis utvecklade, behövs däremot foton av hög kvalitet. För att undvika systematiska fel relaterade till val av foton för vidare analys ska man välja foton av sådan kvalitet att alla, eller åtminstone nästan alla, individer på fotot kan kategoriseras tillförlitligt.

När ett stort antal fåglar analyseras kan man upptäcka ett fåtal individer med udda dräkter som är omöjliga att kategorisera. Några fåglar kan också vara helt eller nästan helt skymda bakom andra fåglar på foton, vilket gör kategoriseringen svår. Att ta bort ett fåtal sådana ej kategoriserade individer från stickprovet, särskilt när stickproven är stora, får endast en försumbar effekt på de beräknade demografiska parametrarna.

Extrapolering till hela den övervintrande populationen

Den presenterade fotoinventeringsmetoden, efter hänsynstagande till bland annat varierande flockstrukturer, kan användas för att på ett kostnadseffektivt sätt erhålla robusta skattningar av demografiska parametrar för alfåglar vid specifika övervintringsplatser. Men, som visats i denna studie, fördelningen av olika kategorier av individer kan variera mellan relativt närliggande övervintringsplatser. För att erhålla årliga skattningar av demografiska parametrar gällande för hela den västsibiriska / nordeuropeiska populationen av alfågel måste data från flera representativa övervintringsplatser

i Östersjön kombineras. Analyser av hur demografiska data från olika platser ska vägas, kombineras och på ett effektivt sätt inkluderas i populationsmodeller ligger utanför syftet med denna studie. Viktiga faktorer som dock bör beaktas i sådana vidare analyser och

populationsmodeller är den rumsliga och tidsmässiga storskaliga fördelningen, dvs. hur alfågelpopulationen är fördelad mellan olika övervintringsplatser och hur individer rör sig mellan platser under vinterhalvåret.



Ornis Svecica (ISSN 2003-2633) is an open access, peer-reviewed scientific journal published in English and Swedish by **BirdLife Sweden**. It covers all aspects of ornithology, and welcomes contributions from scientists as well as non-professional ornithologists. Accepted articles are published at no charge to the authors. Read papers or make a submission at os.birdlife.se.

Ornis Svecica (ISSN 2003-2633) är en fritt tillgänglig granskad vetenskaplig tidskrift som ges ut på svenska och engelska av BirdLife Sverige. Den täcker ornitologins alla områden och välkomnar bidrag från såväl forskare som icke-professionella ornitologer. Accepterade uppsatser publiceras utan kostnad för författarna. Läs uppsatser eller skicka in ditt bidrag på os.birdlife.se.