



Aqua reports 2021:6

Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk

Årsrapport för 2020

Anders Adill, Per B. Holliland, Carolina Åkerlund



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk

Årsrapport för 2020

Anders Adill	Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Per B. Holliland	Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Carolina Åkerlund	Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Rapportens innehåll har granskats av:

Andreas Bryhn, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Finansiär: Forsmark Kraftgrupp AB.

Rapporten har tagits fram på uppdrag av Forsmark Kraftgrupp AB. Rapportförfattarna ansvarar för innehållet och slutsatserna i rapporten.

Publikationsansvarig:	Noél Holmgren, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Utgivare:	Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Utgivningsår:	2021
Utgivningsort:	Lysekil
Illustration:	Nätprovfiske i Biotestsjön Foto: Per Holliland
Serietitel:	Aqua reports
Delnummer i serien:	2021:6
ISBN:	978-91-576-9852-0 (elektronisk version)
Nyckelord:	Kärnkraft, kylvatten, recipientkontroll, provfiske, bottenfauna.
Rapporten laddas ned från:	http://pub.epsilon.slu.se/

Sammanfattning

Forsmarks kärnkraftverk är en av Sveriges största elproducenter. På grund av intag och utsläpp av kylvatten från havet som kyler processen i verket sker en påverkan på den omgivande kustvattenmiljön. Denna påverkan övervakas och analyseras i det pågående biologiska recipientkontrollprogrammet. Föreliggande årsrapport presenterar resultat i undersökningarna inom kontrollprogrammet för 2020 med fokus för samhällena av fisk, bentisk fauna och sjöfågel.

Under 2020 producerade Forsmarks kärnkraftverk 22,7 terawattimmar (TWh) el i sina anläggningar, vilket var en lägre nivå jämfört med närmast föregående år. Produktionssänkningen orsakades framförallt av långa revisionsperioder och bidrog periodvis till att mindre mängder kylvatten strömmade igenom kraftverket. Vattentemperaturerna i närrecipienten Biotestsjön var likt föregående år höga, och varierade under året från drygt 8°C under vintermånaderna till 29,8°C i mitten av augusti. Under högsommaren var temperaturen i Biotestsjön över 25°C i 52 dagar.

Förlusterna av fisk i silstationerna vid kylvattenintaget utgjordes som tidigare år av främst småväxta fiskarter och årsyngel. Totalt fastnade cirka 55 miljoner individer i silstationerna under provtagningsperioderna under 2020. Fiskförlusterna var i mindre omfattning jämfört med närmast föregående år och var sannolikt en följd av minskade kylvattenintag till kraftverket. Förlusterna dominerades av storspigg och omfattade cirka 19 miljoner individer under våren och 31 miljoner under hösten. Antalet ålar som fastnade i silstationen var de lägsta sedan undersökningarna inleddes och är sannolikt ett tecken på minskade tätheter av arten i Biotestsjön och fjärrecipienten Forsmarks skärgård. Samtliga ålar som fastnade i silstationen hanterades enligt framtagen metodik för att kunna återutsättas levande söderut i skärgården. Under provtagningarna påträffades en relativt stor mängd gös och efter analys kunde det konstateras att nästintill samtliga individer som fastnade i silstationen var två år gamla, och hade rekryterats under den varma våren och sommaren 2018.

Tätheterna av fisk i Biotestsjön var de högsta sedan provfiskena inleddes på 1980-talet. Abborre och mört var de vanligaste arterna i nätprovfiskena och förekommer i mycket stora tätheter under både vår och höst. Under våren var lekaktiviteten stor i Biotestsjön och likt föregående år fanns tydliga tecken på att stora mängder fisk lockas till Biotestsjöns varma vatten. Förutom stora mängder lekmogen abborre och mört förekom höga tätheter av björkna under våren. Under höstens undersökningar påträffades extremt stora mängder yngel och småfisk i Biotestsjön, vilket visade att rekryteringen av fisk fungerade i anläggningen. Under de senaste åren har relativt stora mängder sutare påträffats i Biotestsjön, både vuxna individer och årsyngel. Till skillnad för nätprovfiskena i Forsmarks skärgård påträffas inga kallvattenarter i Biotestsjön, såsom strömming, nors, sik och tånglake. För varmvattenarter som abborre och mört visade resultaten att förhållandena i Biotestsjön var goda under 2020, då både tillväxt och kondition låg på goda nivåer.

Vid nätprovfiskena i Forsmark fångades stora mängder mört, främst småväxta individer. Den negativa utvecklingen för mört har de senaste åren brutits och numera dominerar mört fångsterna i området. Storspigg förekom också relativt mycket i nätfiskena och tillsammans med andra undersökningar i området tyder på att arten ökar i omfattning i Forsmarks skärgård.

Under 2020 års undersökningar av mjukbottenfauna registrerades totalt elva arter i både Forsmark och referensområdet Finbofjärden. Artsammansättningen varierade mellan de två områdena. Den främmande brackvattenmusslan *Mytilopsis leucophaeata* påträffades för första gången i provtagningarna på mjukbotten i Forsmarksområdet. Samtliga stationer inom provtagningarna av hårbottenfauna, förutom den starkt kylvattenpåverkade Biotestsjön, visade fler antal arter och totalt större antal individer per substrat jämfört med föregående år. Resultaten skulle delvis kunna förklaras av en ändring i provtagningsmetodiken under 2020. Att samma mönster inte kunde ses i Biotestsjön förklaras sannolikt av att tätheterna av de normalt dominerande arterna märklräfta *Leptocheirus pilosus* och tångmärla (*Gammarus sp.*) återfanns i låga nivåer. De låga

förekomsterna av dessa arter under 2020 skulle kunna påverkats av två perioder av väldigt höga vattentemperaturer i Biotestsjön under juni och augusti.

Totalt sett fanns det betydligt färre fåglar i hela inventeringsområdet under 2020 jämfört med genomsnittet för åren inventeringarna utförts. Mängden fågel i området var sannolikt orsakad av den milda vintern och upphov till isfria områden, och sjöfåglarna behövde inte uppsöka de isfria områdena som kärnkraftverkets drift vanligtvis skapar. De enskilt viktigaste områdena för sjöfågel i Forsmarks skärgård finns i Biotestsjön och utanför intagskanalen i Asphällafjärden. Vigg var den vanligaste arten i området men med kraftigt minskade förekomster jämfört med tidigare år. Mellanskarven har ökat i omfattning, men populationen har fluktuerat de senaste åren. De andra fem arterna; gräsand, knölsvan, häger, storskrake och knipa, förekom i ungefär samma omfattning som tidigare.

Abstract

Forsmark nuclear power plant is one of Sweden's largest electricity producers. Due to the intake and discharge of seawater as a coolant, there is an impact on the surrounding coastal environment. This impact is monitored and analyzed by the ongoing biological recipient control program. This annual report presents results from the surveys within the control program for 2020 with a focus on the communities of fish, benthic fauna, and seabirds.

During 2020, Forsmark nuclear power plant produced 22.7 terawatt hours (TWh) of electricity, which was lower than previous years. The reduced production was caused by long audit periods. This periodically reduced the volume of cooling water flowing through the power plant. The water temperatures in the local recipient, the Biotest lake, had the same range as the previous year, varying from just over 8°C during the winter months to 29.8°C in mid-August. During the high summer, the water temperature in the Biotest lake was above 25°C for a total of 52 days.

As with previous years, the losses of fish in the water intake screening stations consisted mainly of small fish species and fry. Approximately 55 million fish were caught on the screens during the sampling periods in 2020. The fish losses were lower than the preceding year, probably as a result of reduced water intake to the power plant during audits. The losses were dominated by three-spined sticklebacks, 50 million individuals in total, 19 million in the spring and 31 million in the autumn. The number of eels caught in the screening stations was the lowest since monitoring began and likely a sign of low densities of eels in Biotest lake and the Forsmark archipelago. All eels caught were released in accordance with methodology developed to prevent recapture in the screening stations. A relatively large number of pikeperch were found during sampling. These individuals were analysed for age and almost all were two years old, recruited during the hot spring and summer of 2018.

Fish density in the Biotest lake was the highest since the test fishing began in the 1980s. Perch and roach were the most common species in the net test fishing and occurred in very high densities during both spring and autumn. During the spring, spawning activity was high, as in previous years spawning fish were attracted to the warm water in the Biotest lake. In addition to large numbers of spawning perch and roach, white bream also occurred in high densities. During the autumn investigations, large quantities of fry and small fish were found in the Biotest lake, indicative of recruitment within the facility. In recent years, the occurrence of tench has increased, both as adults and young of year. No cold water species were caught in the Biotest lake, whilst in the Forsmark archipelago species such as herring, smelt, whitefish and viviparous eelpout were caught. Warm water species such as perch and roach had good condition and high growth rates suggesting that conditions were favourable in the Biotest Lake under 2020.

During the net test fishing in the Forsmark archipelago large quantities of roach were caught, these were mainly small individuals. After a period of decline roach have increased during the last few years, to the extent that roach now dominates the catch. The number of Three-spined sticklebacks caught has also increased. This is a trend seen throughout the surveys in the area indicating an increase in the three-spined stickleback population in the Forsmark archipelago.

During the 2020 surveys of soft-bottom benthic fauna, a total of 11 species were registered in Forsmark and the reference area Finbofjärden. Species composition varied between the two areas. The invasive Conrad's false mussel (*Mytilopsis leucophaeata*) was found for the first time on the soft bottom in the Forsmark area. In the substrate survey all stations except the Biotest lake had an increased number of species and total number of individuals per substrate as compared with the previous year. This increase could be partly explained with the change in sampling methodology. The fact that the same pattern could not be seen in Biotest lake is largely explained by low densities of the dominant species, amphipods *Leptocheirus pilosus* and *Gammarus* sp. which can be attributed to periods of exceptionally high water temperature in June and August.

Overall, there were considerably fewer birds in the entire inventory area during 2020 than the average of the years the inventory has been conducted, probably due to the mild, ice-free winter. This meant that the seabirds did not have to visit the ice-free areas in the archipelago usually created by the nuclear power plant's operations. The most important areas for seabirds in the Forsmark archipelago are the Biotest lake and Asphällafjärden. Tufted duck was the most common species in the area, but with a greatly reduced occurrence than in previous years. Cormorants were more common than 2019, but the population in the inventory area has fluctuated during the last few years. The other five species, mallard, mute swan, heron, goosander and common goldeneye, had similar occurrences to previous years.

Innehållsförteckning

1.	Inledning	9
2.	Kraftverkets drift och temperaturpåverkan	11
3.	Kontrollprogram och metodik	12
3.1.	Silstationen	12
3.2.	Provfisken	13
3.2.1.	Provfisken med kustöversiktsnät	13
3.2.2.	Provfisken med ryssjor	13
3.2.3.	Provfiske med Nordiskt kustöversiktsnät	13
3.2.4.	Provfiske med detonationsteknik	13
3.3.	Kontroll av kondition och gonadskador	13
3.4.	Kontroll av fiskens ålder och tillväxt	14
3.5.	Kontroll av sjukdomar, skador och parasitering hos fisk	14
3.6.	Bottenfauna	14
3.6.1.	Mjukbottenfauna	14
3.6.2.	Hårdbottenfauna	15
3.7.	Fågelinventeringar	16
3.8.	Insamling av omgivningsdata	16
4.	Resultat	18
4.1.	Silstationen	18
4.2.	Provfisken	21
4.2.1.	Provfisken med kustöversiktsnät	21
4.2.2.	Provfiske med ryssjor	23
4.2.3.	Provfiske med Nordiskt kustöversiktsnät	24
4.2.4.	Provfiske med detonationsteknik	27
4.3.	Kontroll av kondition och gonadskador hos fisk	28
4.4.	Kontroll av fiskens ålder och tillväxt	30
4.5.	Kontroll av sjukdomar, skador och parasitering hos fisk	32
4.6.	Bottenfauna	33
4.6.1.	Mjukbottenfauna	33
4.6.2.	Hårdbottenfauna	34
4.7.	Fågelinventeringar	36
5.	Diskussion	39
6.	Referenser	46

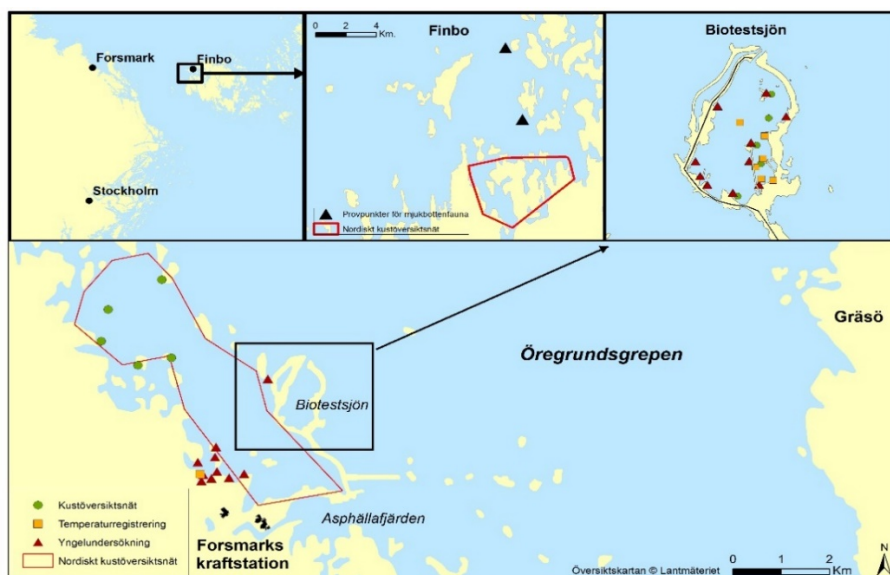
1. Inledning

Denna rapport redovisar resultat från den biologiska kontrollverksamheten i vattenrecipienten utanför Forsmarks kraftstation under 2020 för samhällena av fisk, mjuk- och hårbottenfauna samt sjöfågel. Undersökningarna i området har pågått sedan 1969 och har under årens lopp främst fokuserat på dödlighet av fisk vid kylvattenintaget och effekter på fisk, bottenfauna och fågel i närrecipienten (Biotestsjön) och fjärrecipienten (Öregrundsgrepen) (figur 1 och 2). Resultaten av undersökningarna jämförs med referensområdet vid Finbofjärden i nordvästra Åland och presenteras i årliga rapporter (Adill m.fl. 2020). Fördjupade utvärderingar av kärnkraftverkets effekter på den omgivande vattenmiljön görs ungefär vart femte år (Sandström 1985; Sandström 1990; Mo m.fl. 1996; Sandström m.fl. 2002; Karås m.fl. 2010; Adill m.fl. 2013; Adill m.fl. 2018), och kan leda till förändringar i kontrollprogrammet för kärnkraftverket. För genomförande av det biologiska kontrollprogrammet ansvarar Kustlaboratoriet vid Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU Aqua).



Figur 1. Biotestsjön sett från sydost. Inloppet av kylvatten från F1 och F2 till Biotestsjön syns till vänster (syd av Biotestsjön), och inloppet från F3 lite högre upp (väster om Biotestsjön). Det gemensamma utloppet till Öregrundsgrepen från de tre reaktorerna syns längst till höger i bilden (norr av Biotestsjön).

Forsmarks kärnkraftverk drivs av Forsmarks Kraftgrupp AB (FKA) och är beläget vid kusten i nordöstra Uppland (figur 2). Anläggningen har tre kokvattenreaktorer, varav den första togs i drift 1980 (F1) och de andra två 1981 (F2) och 1985 (F3). För kylning av processen i kondensatorerna kräver driften av kraftverkets tre reaktorer närmare 150 kubikmeter brackvatten per sekund. Kylvattnet tas in till kraftverket från Öregrundsgrepen (mellan fastlandet och Gräsö) via en kanal från Asphällafjärden (figur 2). Brackvattnet innehåller levande organismer i form av bland annat djurplankton och fisk. De största organismerna, fisken, avskiljs från vattnet med stora bandsilar (maskvidd 2,5 mm) vid intaget till kraftverket och samlas upp i containrar och transporteras för destruktions. Mindre organismer, till exempel djurplankton och fisklarver, kan passera genom silarna men dör antagligen i hög grad i kylvattenomloppet på grund av snabba förändringar i tryck och temperatur (Ehlin m.fl. 2009). Kylvattnet som tas in i kärnkraftverket värms upp med cirka 11°C innan det pumpas ut till Biotestsjön (reaktor F1 och F2) eller till en kanal i anslutning till Biotestsjön (reaktor F3) (figur 1 och 2). Biotestsjön är ett cirka 90 hektar invallat område för mottagare av kylvatten. Kylvattnet pumpas in i Biotestsjöns södra del och släpps ut till det omgivande havsområdet Öregrundsgrepen genom utloppet i sjöns norra del (figur 1). Vattentemperaturen i Biotestsjön är, vid normal energiproduktion vid kraftverket, 7–9 °C högre än i omgivande områden. För att följa upp hur kärnkraftverket påverkar sitt närområde utförs kontinuerliga miljöundersökningar i ett särskilt biologiskt recipientkontrollprogram. Studier i den omgivande vattenmiljö utförs framför allt för att avgöra hur den omfattande kylvattenanvändningen vid kraftverket påverkar fisk och andra vattenlevande organismer längs kusten.



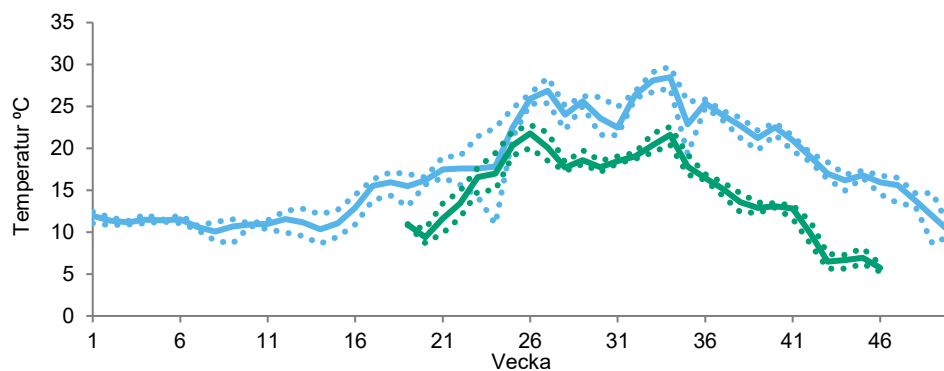
Figur 2. Översikt av undersökningsområdet i Öregrundsgrepen med provtagningspunkter för undersökningarna i Biotestsjön och i närrecipienten Forsmarks skärgård. I figuren visas dessutom referensområdet i Finbofjärden på Åland med provtagningspunkterna i området.

2. Kraftverkets drift och temperaturpåverkan

Under 2020 producerade Forsmarks kärnkraftverk 22,7 terawattimmar (TWh) el i sina anläggningar, vilket omfattade ungefär en sjättedel av Sveriges elbehov. Elproduktionen låg på en lägre nivå jämfört med närmast föregående år och produktionssänkningen orsakades framförallt av långa revisionsperioder i kärnkraftverket. Under 2020 var de tre reaktorerna (F1, F2 och F3) avställda för revision i sammanlagt cirka 120 dygn, från en tidpunkt under våren och fram till sent under hösten.

De senaste åren har en rad moderniseringar och livstidsförlängande åtgärder genomförts i anläggningen, vilket bland annat resulterat i effekthöjningar i kraftverket. Åtgärderna har även medfört att kylvattenflödet till det gemensamma intaget för F1 och F2 vid full drift har ökat till drygt 100 m³/s jämfört med tidigare 88 m³/s, och att temperaturen i kylvattenutsläppet har ökat med cirka 1°C.

Temperaturen i Biotestsjön varierade under 2020 från drygt 8°C under vintermånaderna, till 29,8°C i mitten av augusti (figur 3). Vattentemperaturen i Biotestsjön var över 25°C i 52 dagar under högsommarperioden. Den högsta uppmätta temperaturen vid referenspunkten Ön i Forsmarks skärgård, infann sig i slutet av juni, då temperaturen uppmättes till 22,8°C. Vid tidpunkt för när vattentemperaturen var som högst i Biotestsjön under augusti, var temperaturen 22,6°C vid referenspunkten i Forsmarks skärgård, ungefär 7°C skillnad mellan områdena.



Figur 3. Vattentemperaturer centralt i Biotestsjön och Forsmarks skärgård (Ön) under 2020. Helledragen linje anger medeltemperaturen per vecka och streckade linjer minimum- och maxtemperatur under respektive vecka.

3. Kontrollprogram och metodik

Här beskrivs de undersökningar som ska genomföras enligt det biologiska kontrollprogrammet för Forsmarks kraftgrupp AB. Samtlig metodik beskrivs kortfattat. För mer utförliga beskrivningar av kontrollprogrammets metodik hänvisas till Handbok för kustundersökningar, recipientkontroll (Thoresson 1992; 1996), samt till dokumentation för undersökningstyperna Provfiske med kustöversiktsnät, nätlänkar och ryssjor (Andersson 2015) och Provfiske i Östersjöns kustområde – Djupstratifierat provfiske med Nordiska kustöversiktsnät (Karlsson 2020).

3.1. Silstationen

Kontroll av fiskförluster genomförs i den gemensamma silstationen för de två reaktorerna F1 och F2 under veckorna 17–24 och 37–48. Undersökningarna omfattar all fisk som avskiljs i silstationen under ett dygn per vecka under provtagningsperioderna. All fisk över åtta centimeter artbestäms, räknas och vägs. Av mindre fiskar än åtta centimeters längd tas fem stycken stickprov om en liter styck. Fiskarna i stickproverna artbestäms, räknas och vägs; därefter adderas resultaten för en beräkning av förekomsten av små fiskar i hela rensmassan. Från de samlade resultaten av fiskräkningarna görs beräkningar av de totala förlusterna av fisk under hela provtagningsperioden, inklusive en uppskattning av förlusterna vid silstationen för den tredje reaktorn, F3. I samband med provtagningarna registreras vattentemperatur och vattenflöde. Längdmätning av storspigg sker vid ett tillfälle under våren och ett under hösten, tidigt under provtagningsperioden. Vid varje mätning skall ett slumpmässigt prov om minst 100 individer längdmätas med en millimeters noggrannhet. För strömming längdmäts ett slumpmässigt prov under hösten om minst 100 individer med en millimeters noggrannhet.

3.2. Provfisken

3.2.1. Provfisken med kustöversiktsnät

Biotestsjön

Provfiske med kustöversiktsnät görs på fem stationer under en natt en gång i månaden under perioden 15 mars – 15 juni (fyra fisken) samt vid tre tillfällen under perioden 20 oktober till 20 december (två gånger i oktober och en gång i december).

Forsmark

Provfiske med kustöversiktsnät görs på sex stationer vid tre tillfällen under perioden 20 oktober – 31 oktober i syfte att samla in referensmaterial enligt moment Kontroll av kondition och gonadskador, abborre och mört.

3.2.2. Provfisken med ryssjor

Fiske med ryssjor genomförs i Biotestsjön under fyra veckor i april. Under fiskeperioden fiskas sex stationer med tre parryssjor länkade med varandra. Redskapen sätts i sjön vid början av perioden och vittjas en gång per vecka. All fångst artbestäms och längdmäts.

3.2.3. Provfiske med Nordiskt kustöversiktsnät

Provfiske med Nordiska kustöversiktsnät genomförs i augusti på 45 stationer i Forsmarks skärgård enligt standardförfarande. Samma metodik tillämpas i referensområdet i Finbofjärden.

3.2.4. Provfiske med detonationsteknik

Yngel och småväxta arter insamlas i Biotestsjön med detonationsteknik på tio fasta stationer vid tre tillfällen i augusti. Samtliga fiskar artbestäms och längdmäts. Referensprovtagning genomförs med samma metodik på tio fasta stationer i Forsmarks skärgård under september.

3.3. Kontroll av kondition och gonadskador

Vid provfiskena med kustöversiktsnät under perioden 20 – 31 oktober i Biotestsjön och Forsmarks skärgård samlas tio individer vardera från längdgrupperna 14 till 24 centimeter och samtliga större fiskar (> 24 cm) av abborre och mört in för kontroll av kondition och gonadstatus. Kondition enligt Fultons index (K) beräknas med formeln $K = w \times L^{-3} \times 100$, där w är vikten i gram och L är längden i centimeter. Ett

K-värde över 1,0 anses motsvara god kondition hos fisken. För att kontrollera fiskens gonadstatus genomförs en okulärbesiktning av gonaderna samt en beräkning av gonadsomatiskt index (GSI), vilket motsvarar gonadvikt i förhållande till kroppsvikt (somatisk vikt). Gonadsomatiskt index analyseras per gonadstatus enligt en fyrgradig skala; 1. Könsorgan ej utvecklade, 2. Könsorgan under tillväxt, dock ej lekmogen, 3. Lekmogen, 4. Utlekt.

3.4. Kontroll av fiskens ålder och tillväxt

Biotestsjön

Från de 100 insamlade abborrhonorna för konditions- och gonadkontroll tas även gällock och otoliter (hörselstenar) för analys av ålder och tillväxt. Insamling av abborre från Forsmarks skärgård (kustöversiktsnät) för referensprov genomförs enligt samma metodik som ovan.

Forsmark

Vid provfisket med Nordiskt kustöversiktsnät i Forsmarks skärgård samlas gällock och otoliter in från cirka 300 abborrhonor för analys av ålder och tillväxt. För beräkningar av relativ årsklasstyrka hos abborre används en modifierad version av Svärdsons metodik (Svärdson 1961; Neuman 1974). Antalet fiskar av en viss ålder i ett prov från ett visst fångstår vägs både mot det totala antalet fiskar i provet och mot den procentuella andelen för just denna ålder i det totala materialet från flera år (Thoreson 1996). I referensområdet vid Finbofjärden genomförs provtagningen med samma metodik.

3.5. Kontroll av sjukdomar, skador och parasitering hos fisk

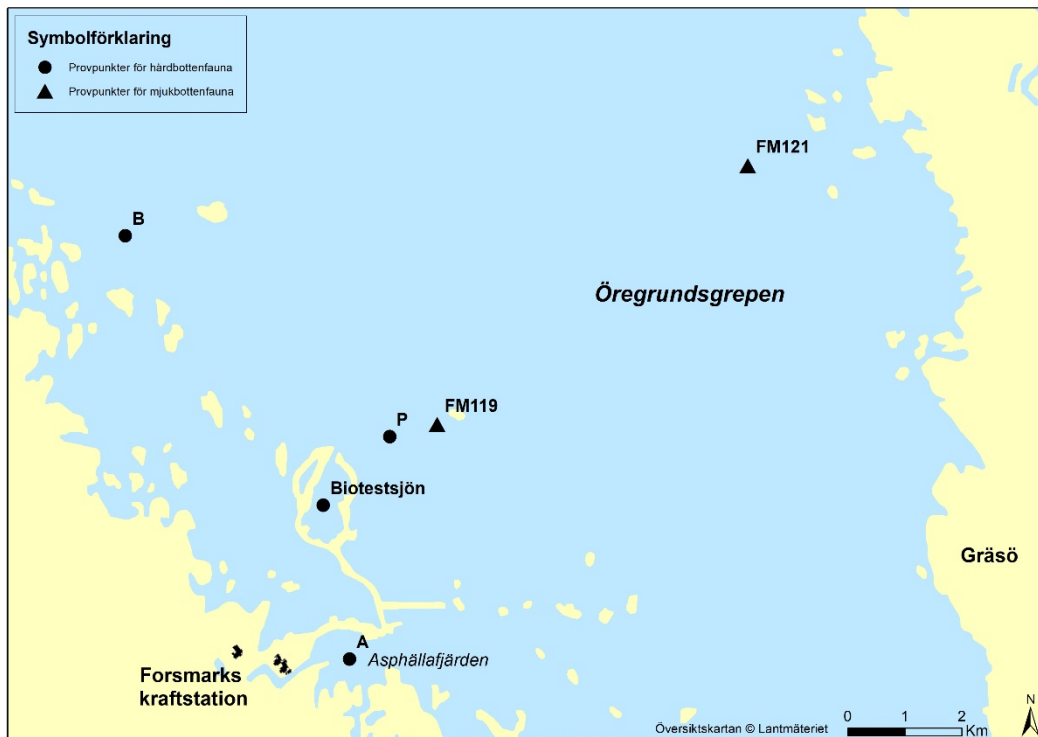
Vid samtliga provfisken med Kustöversiktsnät, Nordiskt kustöversiktsnät och ryssjor, okulärbesiktigas alla fiskar för kontroll av fisksjukdomar och parasitering.

3.6. Bottenfauna

3.6.1. Mjukbottenfauna

Provtagning av mjukbottenfauna genomförs enligt en metodik där insamling sker genom bottenhugg med van Veen-huggare (Thoreson 1992). Två stationer i Forsmarks skärgård, som påverkas i olika grad av varmvattenutsläppet från

kraftverket, provtas i maj månad; en djup station (FM 121, 41 meter) och en medeldjup station (FM 119, 16 meter) (figur 4). Två referensstationer med liknande djup utanför det påverkade området provtas i Finbofjärden (FB 2, 44 meter och FB 9, 22 meter) (figur 2). Proverna konserveras i 70 procent etanol i fält och analyseras senare på laboratorium, där fauna artbestäms till lägsta möjliga taxonomiska nivå med hjälp av stereolupp. Varje art räknas och vägs (våtvikt i milligram) för varje enskilt prov.



Figur 4. Översikt av Forsmarksområdet med provtagningspunkter för undersökningar av mjuk- och hårbottenfauna. Provtagningspunkterna för mjukbottenfauna påverkas i olika grad av kylvattenutsläppet och ligger på olika djup; FM 119 på 16 meters djup och FM 121 på 41 meters djup. Provtagningspunkterna för hårbottenfauna påverkas på olika sätt och grad av kylvatten; Biotestsjön med maximal påverkan av uppvärmt kylvatten, utsläppsområdet för kylvatten (P) som delvis påverkas av kylvatten, området för kylvattenintaget till kraftverket (A) samt Borgarna (B) norr om Biotestsjön som aldrig påverkas av kraftverkets kylvatten.

3.6.2. Hårbottenfauna

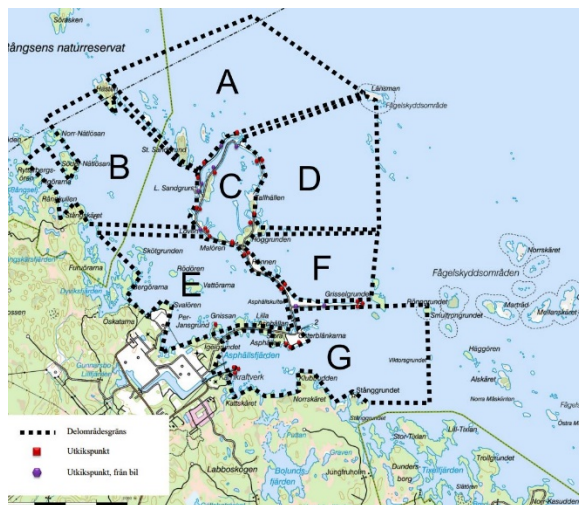
Provtagningen av hårbottenfauna genomförs enligt metodik med så kallade Landforsplattor (Adill m.fl. 2015), som placeras ut på fyra provtagningsstationer i Forsmarks skärgård (figur 4). Stationerna påverkas i olika grad av kraftverkets drift, närrecipienten Biotestsjön med maximal påverkan av uppvärmt kylvatten, utsläppsområdet från Biotestsjön (P), som delvis påverkas av kylvatten, området för kylvattensintaget till kraftverket Asphällafjärden (A) samt Borgarna (B) norr om Biotestsjön och utanför det område som påverkas av kylvatten. Tio

Landforsplattor placeras ut i slutet av maj på varje station på ungefär fyra meters djup. På varje station placeras en temperaturlogger för temperaturregistrering under provtagningsperioden. Landforsplattorna insamlas i slutet av september. Faunan konserveras i plastburkar med 70 procent etanol.

Åtta av proverna analyseras på laboratorium, där fauna artbestäms till lägsta möjliga taxonomiska nivå med hjälp av stereolupp. Varje art räknas och vägs (våtvikt i milligram) för varje Landforsplatta.

3.7. Fågelinventeringar

Inventering av sjöfågel utförs två gånger i månaden under hela året enligt punkttaxeringsmetoden (Naturvårdsverket 1978) där vissa utvalda arter räknas under en bestämd tid från olika observationsplatser. Inventeringsområdet indelas i sju zoner (A–G) (figur 5). De sju arter som studeras delas in i tre olika funktionella grupper beroende på huvudsakligt födoval. Dessa grupper är 1) växtätare: gräsand och knölsvan, 2) bottendjursätare: knipa och vigg, samt 3) fiskätare: storskrake, mellanskarv och häger. Arterna har valts då de är vanligt förekommande i området året om och därmed bra indikatorer över förändringar i recipienten.



Figur 5. Inventeringsområdet för sjöfågel och dess indelning i sju zoner (A-G).

3.8. Insamling av omgivningsdata

Temperaturdata insamlas under året och används vid analyser av provfisken inom programmet.

Biotestsjön

Temperaturer registreras kontinuerligt med temperaturloggers vid sex positioner i Biotestsjön; en centralt i Biotestsjön samt fem stycken i en gradient i Lagunen (figur 2).

I Biotestsjön finns även tre fasta mätpunkter som administreras av FKA; F12 – inloppet till Biotestsjön, F12 – utloppet från Biotestsjön och F3 – utloppet i F3:s kanal. Data från de fasta mätpunkterna skickas från FKA till SLU månadsvis. SLU får även månadsvis temperaturen i kylvattenkanalen från mätpunkt vid bron.

Forsmark

Temperaturen registreras kontinuerligt med en temperaturlogger i Forsmarks skärgård vid Ön (figur 2). Utsättning av temperaturlogger sker efter islossning under våren och tas upp under senhösten innan isen hunnit lägga sig. Det finns även en fast mätpunkt i kylvattenkanalen till kraftverket som administreras av FKA. Dessa data skickas från FKA till SLU månadsvis.

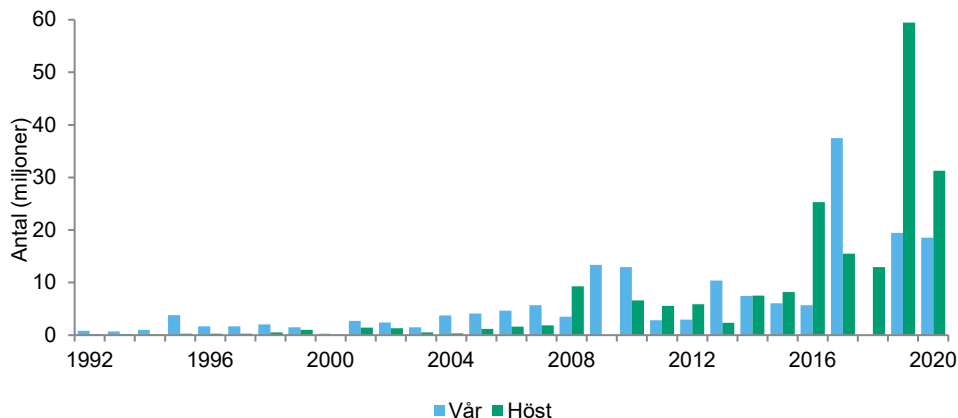
4. Resultat

4.1. Silstationen

De beräknade förlusterna av fisk i silstationerna uppgick till drygt 19 miljoner individer fördelade på 26 arter under våren och drygt 35 miljoner individer fördelade på 24 arter under hösten (tabell 1). Förlusterna under vårperioden var i nivå med våren 2019, och ungefär i halva omfattningen jämfört med under höstperioden 2019. Antalet fisk i silstationerna under 2020 års provtagningar påverkades sannolikt av driftsituationen för F1 och F2, då endast fyra provtagningstillfällen av tjugo genomfördes vid full drift och maximalt kylvattenflöde.

Likt tidigare år utgjordes förlusterna främst av småväxta fiskarter som storspigg, småspigg och mindre havsnål, samt årsyngel av strömming (tabell 1).

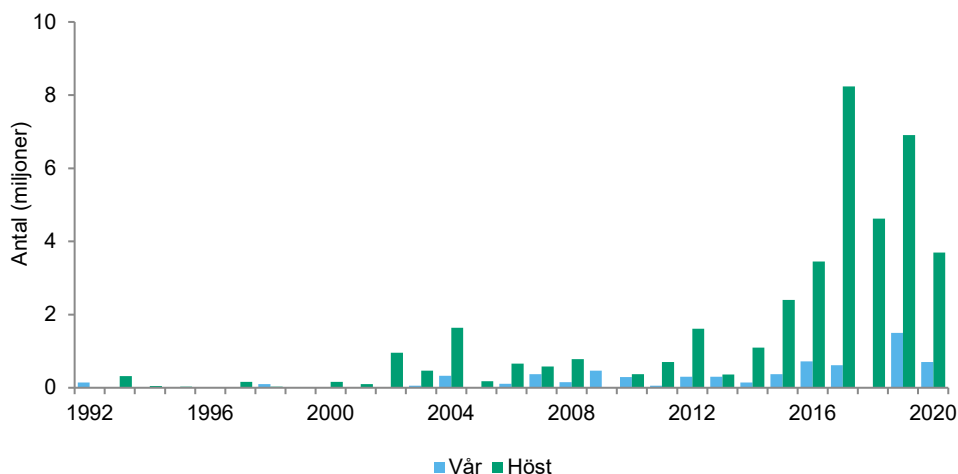
Storspigg var den art som förekom särklass mest i provtagningarna och omfattade 94 % av proverna under våren och drygt 90 % under höstperioden. De stora mängderna storspigg bestod främst av vuxna individer under våren och av årsyngel under höstperioden (tabell 1 och figur 6). Småspigg utgjorde också en väsentlig del av provmängderna, framförallt under hösten (figur 7). Det gick dock inte att urskilja mönster för skillnader i åldersfördelningar mellan vår- och höstprovtagningarna för småspigg.



Figur 6. Förluster av storspigg i silstationerna under vår- och höstperioden. Resultat för hösten 2009 och våren 2018 saknas på grund av att inga undersökningar genomfördes då.

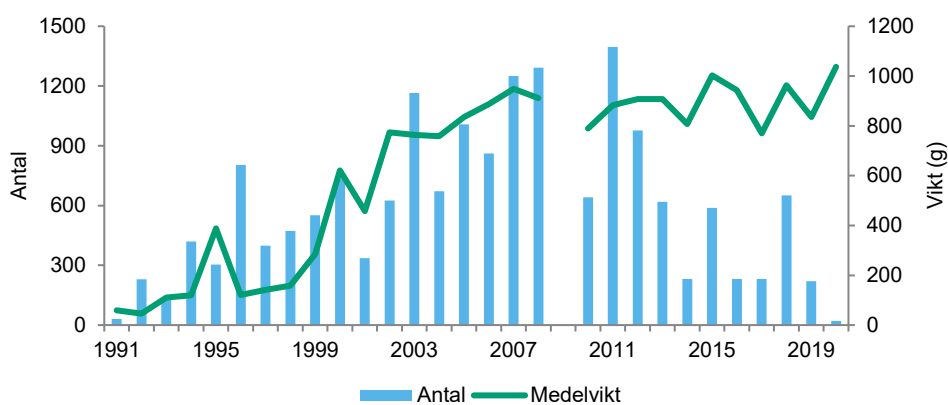
Tabell 1. Beräknade fiskförluster (antal individer under vår- och höstperioden) och medelvikter (gram) i silstationerna per art. Värdena för ål avser det beräknade antalet som fastnade i silstationerna (gemensamma silstation för F1 och F2 samt silstation F3) och där samtliga ålar i silstationen F1 och F2 kunde återutsättas i havet oskadade.

Art	Vår (antal)	Medelvikt (gram)	Höst (antal)	Medelvikt (gram)
Storspigg	18 566 835	1,3	31 265 273	0,3
Småspigg	701 190	0,6	3 696 578	0,5
Strömming	199 269	5,1	202 755	1,9
Mindre havsnål	170 573	0,5	128 678	0,6
Sandstubb	64 103	0,5	81 900	0,2
Nors	20 475	12,0	16 244	5,7
Kusttobis	9 944	0,7	11 109	0,8
Löja	9 849	4,8	6 531	2,2
Mört	8 579	5,4	116	24,2
Abborre	3 623	23,3	683	9,1
Tånglake	3 539	4,2	242	14,1
Björkna	2 310	6,6	578	8,9
Gers	1 292	14,1	74	39,0
Gös	1 145	55,8	21	14,5
Svart smörbult	630	2,4	200	2,3
Skarpsill	179	11,5	221	13,1
Flodnejonöga	116	48,1	116	61,0
Braxen	32	47,3		
Stensimpa	32	7,3	210	0,6
Ål	32	1 165,7	21	1 037,0
Gädda	21	241,5		
Ruda	11	15,0	11	6,0
Sarv	11	102,0		
Sutare	11	7,0	1 638	1,7
Tångsnälla	11	1,0		
Vimma	11	347,0		
Id			11	4,0
Lax			11	87,0
Tobiskung			11	16,0
Totalt	19 763 814		35 413 224	
Antal arter	26		24	



Figur 7. Förluster av småspigg i silstationerna under vår- och höstperioden.

Mängderna ål som noterades i silstationerna under hösten 2020 var de lägsta sedan provtagningarna inleddes i början av 1990-talet (figur 8). De låga kylvattenflödena tillsammans med lägre täthet av ål i Forsmarksområdet bidrog sannolikt till resultatet. De ålar som fastnar i kärnkraftverkens kylvattenintag är likt föregående år stora, lekvandrande, individer, så kallade blankålar (figur 8). Samtliga ålar som fastnade i silstationen hanterades enligt upprättade rutiner och återutsattes oskadade i gemensam punkt i kustområde vid Hargshamn, (60°10'11"N 18°28'0"Ö) söder om och nedströms Asphällafjärden.



Figur 8. Förluster och medelvikt av ål i silstationerna under höstprovtagningsperioden 2020. 2009 års värden saknas på grund av alltför reducerade provtagningar.

Under vårens provtagningar noterades relativt stora mängder gös i silstationen (tabell 1). Vid närmare granskning visade det sig att nästintill samtliga gösar var tvååriga individer och därmed hade sitt ursprung från år 2018. Våren och sommaren 2018 var ovanligt varm, och påverkade sannolikt gösrekryteringen positivt i Forsmarksområdet. Även sutare förekom i ovanligt stora mängder under 2020, en art som endast har förekommit sporadiskt fram till för några år sedan (tabell 1). Vid

2020 års provtagningar påträffades två arter som aldrig tidigare har noterats i silstationen, nämligen stensimpa och tobiskung.

4.2. Provfisken

4.2.1. Provfisken med kustöversiktsnät

Biotestsjön

Vid provfiskena med kustöversiktsnät i Biotestsjön fångades det totalt 10 946 individer av nio olika arter vid sex tillfällen under 2020. De vanligaste arterna i provfiskena var mört, abborre och björkna, och tätheterna av fisk var som störst under vårperioden (tabell 2). Liksom provfiskena under 2019 fångades relativt många sutare samt en hybrid av en karpfisk vid provfiskena 2020.

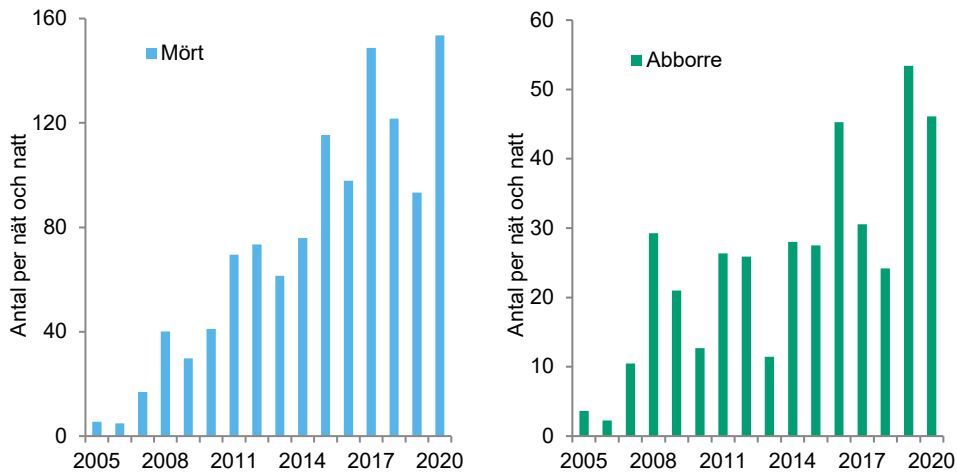
Tabell 2. Fångster i provfiskena med kustöversiktsnät i Biotestsjön under 2020. Fångsterna presenteras som antal och CPUE (fångst per nät och natt), uppdelade på vår (mars-juni), höst (oktober) och vinter (december).

Art	Vår Biotestsjön		Höst Biotestsjön		Vinter Biotestsjön	
	Antal	CPUE	Antal	CPUE	Antal	CPUE
Mört	4 914	129,3	313	31,3	130	13
Abborre	1 937	51,0	912	91,2	316	31,6
Björkna	1 416	37,3	17	1,7	13	1,3
Sarv	366	9,6	117	11,7	219	21,9
Gärs	135	3,6	37	3,7	14	1,4
Gädda	24	0,6	6	0,6	7	0,7
Löja	29	0,8				
Sutare	10	0,3	3	0,3		
Braxen	10	0,3				
Hybrid karpfisk	1	0,03				
Totalsumma	8 842	232,7	1 405	140,5	699	69,9

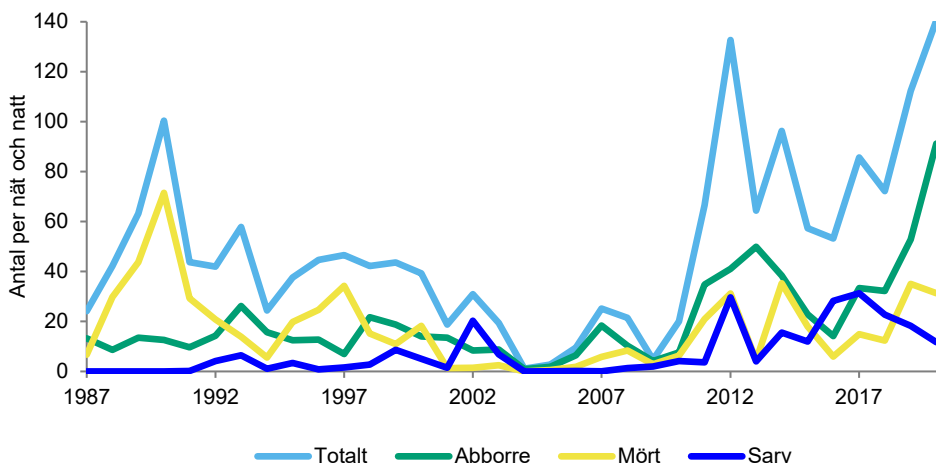
Likt föregående års provfisken under våren fångades mest mört under mars och april, abborre under april-maj och björkna i juni månad. Fångsterna av mört under vårperioden var de största sedan fiskundersökningarna inleddes i Biotestsjön på 1980-talet (figur 9). Även abborre fångades i stor omfattning och var nästan i nivåer som under 2019 års rekordnoteringar (figur 9). Andelen av lekmogen fisk i fångsterna av samtliga fångade arter var hög.

Under höstperioden var fångsterna i Biotestsjön de största som uppmätts sedan provfiskeserien inleddes 1987 (figur 10). Tätheterna av abborre var nästintill dubbelt så höga som under hösten 2019, som till dess var de största fångsterna någonsin (figur 10). Längdfördelningarna för abborre under både vår och höst visar

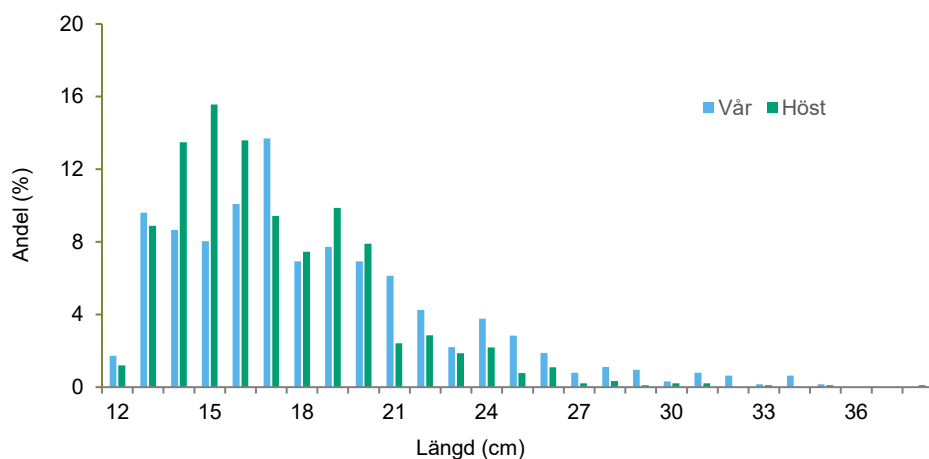
att majoriteten av fångsterna var individer i storleksklassen 13-20 centimeter. Det finns ett mönster till att fångsterna av abborre under våren utgörs av större andel större individer (>20 centimeter) och under hösten av småväxta individer (<15 centimeter (figur 11).



Figur 9. Fångst av mört (t.v.) och abborre (t.h.) i Biotestsjön under vårens provfisken (mars-juni) med kustöversiktsnät mellan år 2005 och 2020.



Figur 10. Fångster av mört, sarv, abborre samt totalt vid provfisken med kustöversiktsnät under oktober månad under åren 1987-2020.



Figur 11. Längdfördelningar för abborre i provfiskena under våren och hösten 2020.

Forsmark

Vid referensprovfiskena med kustöversiktsnät i Forsmark under två dagar i oktober, fångades totalt 1 959 individer av elva olika arter (tabell 3). Mört och abborre var de vanligaste arterna under provfisket och utgjorde 46 % respektive 27 % av fångsterna. Vid jämförelse med provfiskena i Biotestsjön under samma period, var fångsterna av mört betydligt större i Forsmarksområdet och lägre för abborre. Under provfisket fångades strömming, nors, sik och tånglake i Forsmark, fyra arter som inte påträffades i Biotestsjön.

Tabell 3. Fångster i provfiskena med kustöversiktsnät i Forsmark under oktober 2020. Fångsterna presenteras som antal och CPUE (fångst per nät och natt).

Art	Höst Forsmark	CPUE
Mört	893	44,7
Abborre	523	26,2
Strömming	234	11,7
Gärs	135	6,8
Sarv	93	4,7
Björkna	74	3,7
Nors	2	0,1
Tånglake	2	0,1
Gädda	1	0,1
Id	1	0,1
Sik	1	0,1
Totalt	1959	98,0

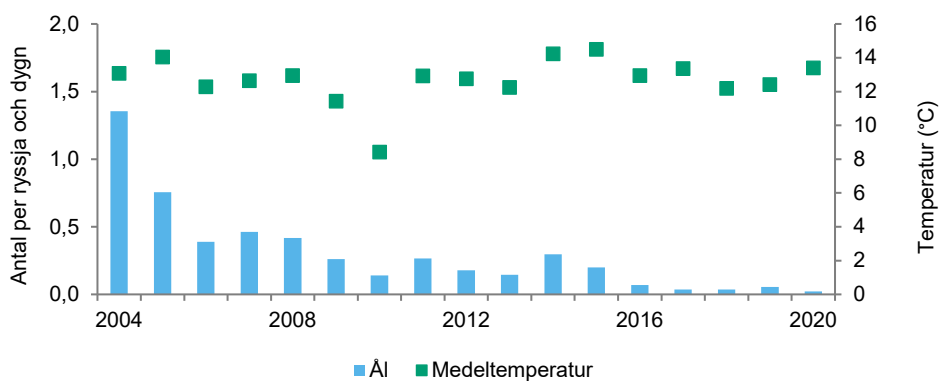
4.2.2. Provfiske med ryssjor

Vid provfiskena med ryssjor i Biotestsjön under april månad fångades totalt 2 056 individer av nio olika arter (tabell 4). Den vanligaste arten i provfiskena var mört,

som utgjorde mer än hälften av fångsterna. Fångsterna av ål i Biotestsjön var de lägsta sedan provfiskena inleddes under 1990-talet och den negativa utvecklingen av arten förstärktes under 2020 (figur 12). Samtliga ålar som fångades var stora individer, med längder från 53- till 93 centimeter.

Tabell 4. Fångster i provfiskena med ryssjor i Biotestsjön under april månad 2020. Fångsterna presenteras som antal och CPUE (fångst per ryssjehus och dygn).

Art	Antal	CPUE
Mört	1 338	1,2
Abborre	333	0,3
Sarv	224	0,2
Gärs	103	0,1
Ål	23	0,02
Sutare	19	0,02
Björkna	10	0,01
Gädda	3	0,003
Svart smörbult	3	0,003
Totalt	2 056	1,9



Figur 12. Fångsterna av ål vid provfiskena i Biotestsjön under april månad åren 2004-2020. Gröna boxar anger medeltemperaturen vid vittjningarna under provfiskeperioden.

4.2.3. Provfiske med Nordiskt kustöversiktsnät

I provfiskena med Nordiskt kustöversiktsnät i Forsmarks skärgård fångades totalt 3 457 individer av 12 olika arter (tabell 5). Likt 2019 års provfiske var den vanligaste arten mört, som utgjorde drygt 40 % av fångsterna. Under de senaste två åren har fångsterna av mört varit ovanligt stora jämfört med tidigare, och de flesta individer har varit småväxta och 15 centimeter eller mindre (figur 13). Även björkna, som likt mört tillhör familjen karpfiskar (*Cyprinidae*), har fångats i större utsträckning i Forsmark de senaste två åren jämfört med tidigare (tabell 5). Under

2020 års provfiske utgjorde arten en relativt stor del av fångsterna och har blivit mer frekvent i provfiskena i Forsmarks skärgård. En annan art som har blivit alltmer förekommande i provfiskena de senaste åren är storspigg (tabell 5). Storspiggen har fram till 2018 endast förekommit sporadiskt vid provfiskena med Nordiskt kustöversiktsnät, men har under de två senaste åren blivit alltmer vanliga i fångsterna.

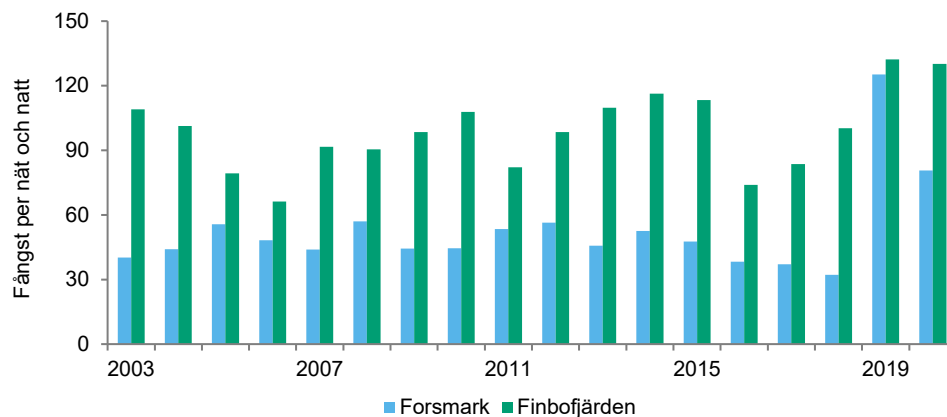
Tabell 5. Fångster i provfiskena med Nordiskt kustöversiktsnät i augusti månad 2020 i Forsmark och i referensområdet Finbofjärden på Åland. Fångsterna presenteras som antal och CPUE (fångst per nät och natt).

Art	Forsmark	CPUE	Finbofjärden	CPUE
Mört	1 459	32,42	1 960	43,56
Abborre	884	19,64	2 099	46,64
Strömming	435	9,67	180	4,00
Björkna	337	7,49	611	13,58
Löja	154	3,42	268	5,96
Gärs	152	3,38	136	3,02
Storspigg	21	0,47		
Svart smörbult	6	0,13	3	0,07
Gös	5	0,11	49	1,09
Tånglake	2	0,04		
Mindre havsnål	1	0,02		
Sutare	1	0,02		
Braxen			23	0,51
Nors			6	0,13
Skarpsill			2	0,04
Gädda			1	0,02
Hornsimpa			1	0,02
Totalt	3 457	76,82	5 339	118,64

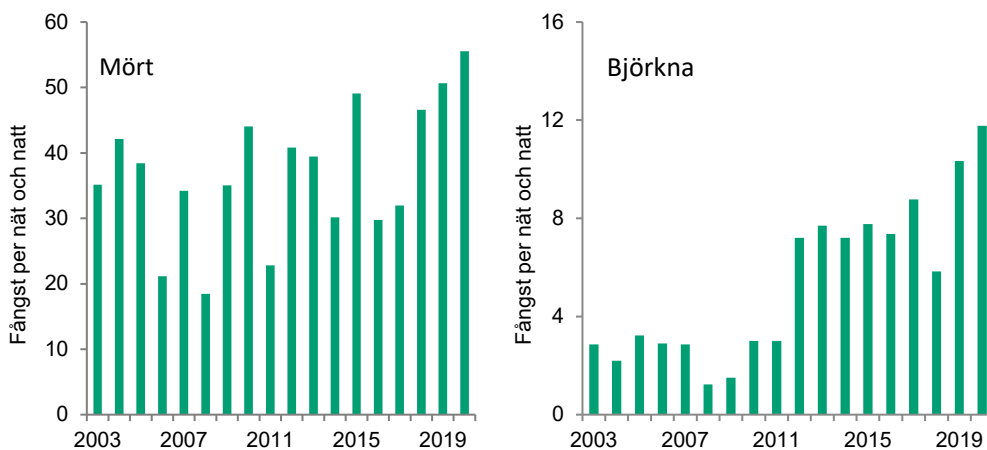


Figur 13. Fångst av mört vid provfiskena med Nordiskt kustöversiktsnät i Forsmarks skärgård under åren 2003 till 2020.

Vid jämförelser med referensområdet Finbofjärden fångades betydligt färre individer inom provfiskena i Forsmarksområdet (figur 14). I Finbofjärden fångades totalt 5 339 individer av tretton olika arter (tabell 5). De vanligaste arterna i referensområdet är likt i Forsmarksområdet mört och abborre, vilka utgör cirka 75 % av de totala fångsterna i Finbofjärden. I likhet med provfisket i Forsmark fångades stora mängder mört och björkna i referensområdet (figur 15).



Figur 14. Totalfångster vid provfiskena med Nordiskt kustöversiktsnät i Forsmarks skärgård och i referensområdet Finbofjärden.



Figur 15. Fångst av mört (t.v.) och björkna (t.h.) vid provfiskena med Nordiskt kustöversiktsnät i referensområdet Finbofjärden under åren 2003 till 2020.

4.2.4. Provfiske med detonationsteknik

Vid provfiskena med detonationsteknik i Biotestsjön fångades totalt 708 individer av nio olika arter, varav de flesta individer var årsyngel (tabell 6). Tätheterna av årsyngel och småfisk i Biotestsjön var väldigt höga under 2020, vilket även kunde konstateras med blotta ögat vid undersökningstillfällena. De vanligaste fångsterna i undersökningarna var årsyngel av björkna, löja och sarv (tabell 6). Förekomsterna av abborre och mört var relativt små med bakgrund av de stora mängderna vuxen fisk av arterna som reproducerar sig i Biotestsjön under våren. I likhet med 2019 kunde sutare noteras vid provtagningarna, en art som fram till 2018 aldrig har förekommit i yngelundersökningarna i Biotestsjön.

I Forsmarks skärgård fångades 576 individer och storspigg var den vanligaste arten bland årsynglen (tabell 6). Till skillnad från fångsterna i Biotestsjön förekommer stor andel av arter som trivs bättre i svalare vatten, till exempel strömming, elritsa och sandstubb. Inslaget av juvenila och vuxna individer var dessutom större vid undersökningarna i Forsmarksområdet. Förekomsten av abborre var fortsatt mycket lågt och endast ett årsyngel noterades i fångsterna (tabell 6).

Tabell 6. Förekomst av juvenil/adult fisk (äldre än årsyngel), årsyngel och CPUE för årsyngel (antal per skott) i Biotestsjön och Forsmark under 2020. Längd presenteras som medellängd i millimeter för årsyngel av utvalda arter.

Art	Biotestsjön				Forsmark			
	Yngel	Juvenil/ Adult	CPUE yngel	Längd (mm)	Yngel	Juvenil/ Adult	CPUE yngel	Längd (mm)
Björkna	224		7,5	36		6		
Löja	210	1	7,0		32	127	1,1	
Sarv	196		6,5					
Abborre	38	4	1,3	92	1	12	0,03	107
Mört	12		0,4	33	15	10	0,5	71
Gädda	10		0,3	155				
Sutare	8		0,3					
Storspigg	3		0,1		95		3,2	
Björkna eller braxen					70		2,3	
Elritsa					15	115	0,5	
Gärs		2						
Sandstubb					16	56	0,5	
Strömming					6		0,2	
Totalt	701	7	23,4		250	326	8,3	

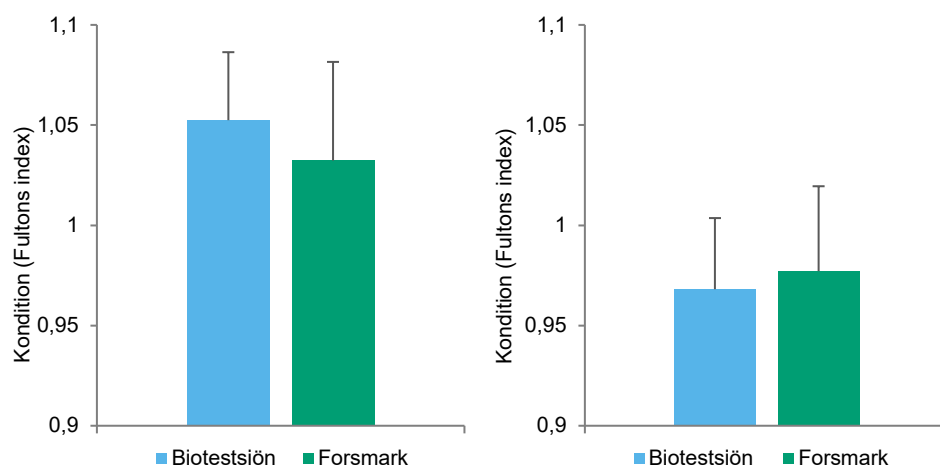
4.3. Kontroll av kondition och gonadskador hos fisk

Kontrollerna av kondition och gonadskador hos abborre och mört i Biotestsjön och referensområdet i Forsmarks skärgård omfattade 100 individer per art och område (tabell 7). Abborrarna som ingick i provtagningarna var samtliga unga individer och majoriteten av abborrarna var ett- eller tvååriga. Ungefär hälften av abborrarna från Biotestsjön hade uppnått könsmognad och endast 30 individer i proverna från Forsmarks (tabell 7). För mörten var de flesta köns mogna individer, både från Biotestsjön och från Forsmarks skärgård (tabell 7).

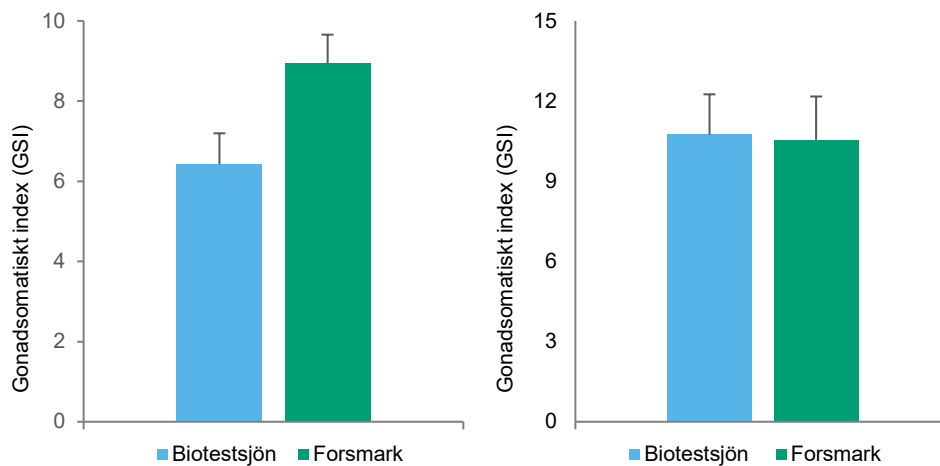
Under provtagningarna påträffades inga individer med gonadskador, onormalt låga värden för kondition eller gonadsomatiskt index. Kontrollerna visade att det inte fanns någon skillnad i kondition hos abborre eller mört mellan Biotestsjön och Forsmark (figur 16). Vid jämförelser av gonadsomatiskt index för abborre mellan områdena var värdet hos individer i Forsmark större jämfört med abborrar från Biotestsjön (figur 17). Det fanns ingen skillnad i gonadsomatiskt index för mört mellan områdena (figur 17).

Tabell 7. Kontroll av kondition och gonadskador hos abborre och mört i Biotestsjön och Forsmark under oktober månad. Tabellen anger antalet individer som ingått i provtagningen, antalet individer som klassats som juvenila (könsorgan ej utvecklade) och könsmogen (könsorgan under tillväxt) samt ålder för abborre. Åldersbestämning för mört ingår inte i programmet. Längst ned i tabellen anges medelvärden för kondition (Fultons index) och gonadsomatiskt index (GSI) hos könsmogna individer av abborre och mört.

	Abborre		Mört	
	Biotestsjön	Forsmark	Biotestsjön	Forsmark
Antal provtagning	100	100	100	100
Könsorgan ej utvecklade	49	70	14	19
Könsorgan under tillväxt	51	30	86	81
Årsyngel	1	0		
Ettåriga	54	48		
Tvååriga	38	49		
Treåriga	7	3		
Konditionsvärde	1,05	1,03	0,97	0,98
Gonadsomatiskt index	6,42	8,94	10,74	10,55



Figur 16. Kondition hos abborre (t.v.) och mört (t.h.) i Biotestsjön och Forsmark angivet som Fultons index. Felstaplar anger 95 % konfidensintervall.



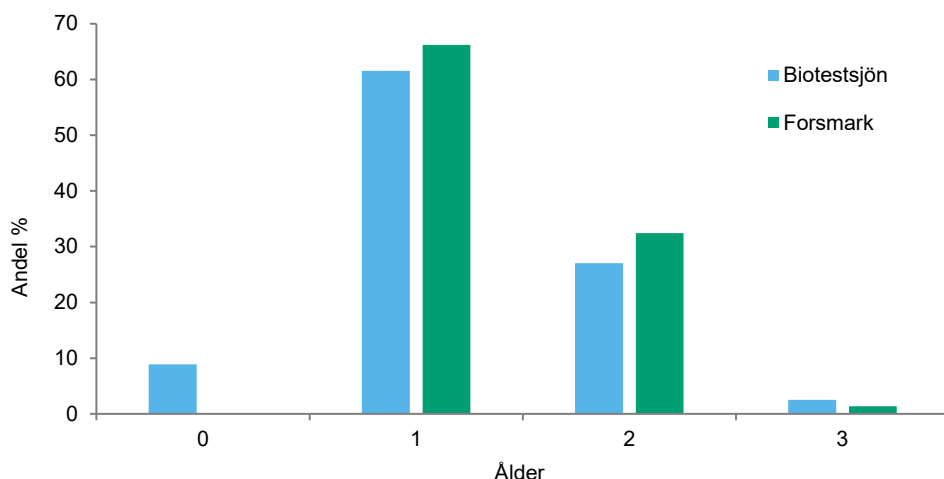
Figur 17. Gonadosomatiskt index hos abborre och mört i Biotestsjön och Forsmark. Felstaplar anger 95% konfidensintervall.

4.4. Kontroll av fiskens ålder och tillväxt

Biotestsjön

Vid kontrollerna av ålder hos abborrhonor i Biotestsjön och i referensområdet Forsmark under oktober månad, visade provtagningarna att fångsterna bestod främst av ett- och tvååriga individer (figur 18). I Biotestsjön påträffades en del årsyngel vilket inte gjordes hos abborrar från Forsmark (figur 18). Individer som var tre år eller äldre saknades nästan helt i provtagningarna, både i Biotestsjön och i Forsmarks skärgård (figur 18).

I kontrollerna av tillväxt hos abborrar i Biotestsjön och Forsmarks under oktober, visade resultaten att abborrarna i Biotestsjön har snabbare tillväxthastighet jämfört med abborrar i Forsmarks skärgård. För abborrar i åldrarna ett år var medellängden drygt 17 centimeter i Biotestsjön jämfört med Forsmarksabborrar som var knappt 16 centimeter (tabell 8). För tvååriga individer var skillnaden i medellängd hos abborre mellan områdena ungefär lika stora (tabell 8).



Figur 18. Åldersfördelning hos abborrhonor i Biotestsjön och Forsmarks skärgård under oktober månad 2020.

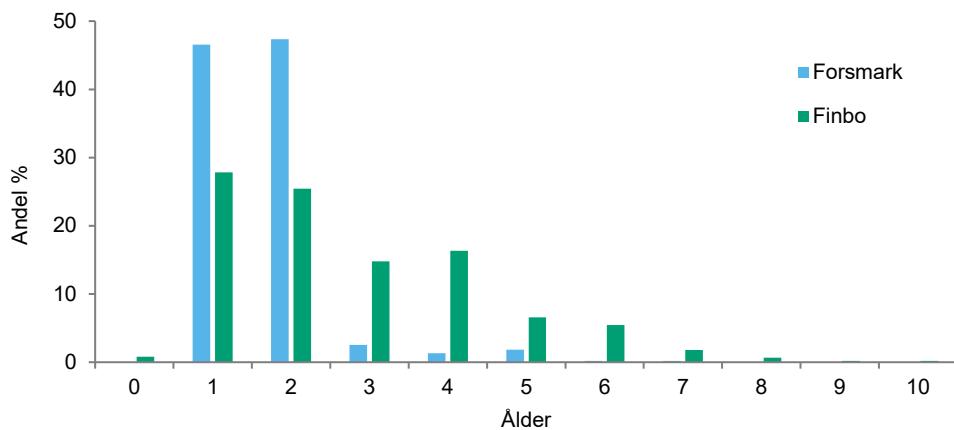
Tabell 8. Medellängd i centimeter vid ålder hos abborrhonor i Forsmark och Finbofjärden i augusti samt i Biotestsjön och Forsmark i oktober månad. Inga nollåringar (årsyngel) fångades i Forsmark och endast en individ i Finbofjärden.

Ålder	Augusti		Oktober	
	Forsmark	Finbo	Biotestsjön	Forsmark
0	-	9	13,08	-
1	12,57	9,94	17,15	15,73
2	19,53	13,84	21,70	20,16
3	25,94	18,22	26,36	22,00
4	25,27	22,68		
5	28,80	24,20		
6	30,00	28,48		
7	29,00	27,38		
8		31,18		
9		30,92		
10		31,38		

Forsmark

Vid kontrollerna av ålder hos abborrhonor i Forsmarks skärgård under augusti månad visade provtagningarna att de flesta var ett- och tvååriga individer. Under 2020 fångades inga årsyngel vid provfiskena under augusti månad och bara ett fåtal, cirka 5 %, var tre år eller äldre (figur 19). I referensområdet Finbofjärden var ett- och tvååriga abborrar mest frekventa i fångsterna (figur 19). I jämförelse med åldersfördelningen i Forsmark var större andel av abborrarna treåriga eller äldre, och äldsta individerna (två stycken) var tio år gamla (tabell 8). Den äldsta abborren (en individ) som påträffades i Forsmark var sju år gammal (tabell 8).

I analyserna av tillväxt hos abborrarna i Forsmark och Finbofjärden vid tidpunkt i augusti månad, visade resultaten att tillväxthastigheten hos abborrar i Forsmarks skärgård var högre jämfört med abborrar som lever i Finbofjärden (tabell 8). Skillnaden i tillväxten mellan abborrarna i de olika områdena var relativt större under de tidiga livsåren, och redan vid ett års ålder är abborrar i Forsmark drygt två centimeter större jämfört med individer från Finbofjärden (tabell 8).



Figur 19. Åldersfördelning hos abborrhonor fångade med Nordiskt kustöversiktsnät i Forsmark och i referensområdet Finbofjärden under augusti månad.

4.5. Kontroll av sjukdomar, skador och parasitering hos fisk

Vid kontroller av sjukdomar, skador och parasitering hos fisk i samband med provfiskena påträffades endast ett fåtal individer i Biotestsjön, Forsmarks skärgård och referensområdet Finbofjärden med sjukdomar och skador (tabell 9). Likt föregående år påträffades individer med mopsskalle (skelettskada uttryckt i förkortning av pannben) och ryggradskrökning (antingen medfödd eller förvärvad), samt lindrigare skador som hudsår och defekta fenor. Omfattningarna av svarta fläcksjukan (parasitering av digena trematoder) på fisken inom undersökningarna var relativt små i samtliga områden.

Tabell 9. Förekomst av sjukdomar, skador och parasitering hos fisk i provfiske utförda i recipienten (Biotestsjön, närreferens (Forsmark) och fjärrreferens (Finbofjärden) under 2020 med nät och ryssjor.

	Biotestsjön	Forsmark	Finbo, Åland
Fena defekt	2		
Hudsår			1
Mopsskalle		1	
Ryggradskrökning - Lordos		1	
Prevalens %	0,015	0,037	0,019

4.6. Bottenfauna

4.6.1. Mjukbottenfauna

Undersökningarna av mjukbottenfauna visade små variationer i artsammansättning mellan lokalerna utanför Forsmark kärnkraftverk och i referensområdet Finbofjärden (tabell 10). Förekomsten av bottenfauna var likt föregående år generellt lägre i Forsmarksområdet jämfört med referenslokalerna i Finbofjärden. Under 2020 års provtagningar påträffades mellan sju och elva arter per lokal, och var i omfattning som de senaste åren (tabell 10). Tätheterna av bottenfauna uppgick till mellan 1 595 och 2 557 individer per kvadratmeter på de fyra olika lokalerna (tabell 10). 2020 års provtagningar visade vissa variationer i artsammansättningen på de grunda stationerna jämfört med föregående år.

Tabell 10. Medelantal av bottenfauna per kvadratmeter för medeldjupa- och djupa stationer i Forsmark och referensområdet Finbofjärden år 2020.

Artnamn	Latinskt namn	Forsmark	Finbo	Forsmark	Finbo
		Medel-djup antal/m ²	Medel-djup antal/m ²	Djup antal/m ²	Djup antal/m ²
Hissfjällmask	<i>Bylgides sarsi</i>				4
Fjädermyggor	<i>Chironomidae</i>	2	2	2	2
Slammärsla	<i>Corophium volutator</i>	14		2	
Bukig tusensnäcka	<i>Ecrobia ventrosa</i>	64	14		
Korvmask	<i>Halicryptus spinulosus</i>		38		34
Strandvattengräsugga	<i>Jaera albifrons</i>		2		
Östersjömussla	<i>Limecola balthica</i>	890	1 968	299	780
Nordamerikansk havsborstmask	<i>Marezzelleria sp</i>	66	491	826	1 475
Vitmärsla	<i>Monoporeia affinis</i>	44	14	236	76
Sandmussla	<i>Mya arenaria</i>		8		
Mytilopsis	<i>Mytilopsis leucophaeata</i>	4			
Blåmussla	<i>Mytilus edulis</i>		10		4
Fåborstmask	<i>Oligochaeta</i>	106		188	
Nyzeeländsk tusensnäcka	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	350			
Oval dammsnäcka	<i>Radix balthica</i>	2			
Skorv	<i>Saduria entomon</i>	54	10	42	
Totalt antal/m²		1 596	2 557	1 595	2 375
Artantal		11	10	7	7

Vid undersökningarna på medeldjupa stationer i Forsmark var östersjömussla (*Limecola balthica*) likt föregående år den dominerande arten, följt av nyzeeländsk tusensnäcka (*Potamopyrgus antipodarum*) och få borstmaskar (*Oligochaeta*). Under 2020 registrerades den främmande brackvattenmusslan *Mytilopsis*

leucophaeata för första gången sedan undersökningarna inleddes på lokalen. *Mytilopsis* har dock tidigare observerats på samtliga undersökta hårbottenstationer i området. Vid motsvarande djup på stationer i Finbofjärden var förekomsten av östersjömussla, nordamerikansk havsborstmask (*Marenzelleria sp*) och korvmask (*Halicryptus spinulosus*) störst (tabell 10). På djupa stationer i både Forsmark och referensområdet dominerade likt tidigare år nordamerikansk havsborstmask och östersjömussla. Även vitmärta påträffades i förhållandevis höga tätheter i båda lokalerna. Förekomsten av den invasiva arten nordamerikansk havsborstmask var på den djupa stationen i Forsmark fortsatt hög i likhet med 2018 och 2019 års undersökningar.

4.6.2. Hårbottenfauna

Undersökningarna av hårbottenfauna i Forsmarksområdet visade betydande skillnader mellan stationerna när det både gäller artförekomst och vilka arter som förekommer i störst tätheter. Under 2020 års provtagningar registrerades mellan 20 och 33 arter per lokal och totalantalet per Landforsplatta uppgick till mellan 155,06 och 1 955,28 individer per substrat för de fyra lokalerna (tabell 11). Samtliga stationer utom den starkt kylvattenpåverkade Biotestsjön visade vid 2020 års undersökningar ett ökat antal arter jämfört med föregående år (tabell 12). Även totalt antal individer per substrat var högre på de tre mindre påverkade stationerna än vid fjolårets provtagning.

Biotestsjön visade fortsatt relativt högt artantal med samma antal registrerade arter som vid fjolårets undersökningar (tabell 12). Förekomsten av bottenfauna var fortsatt högre i Biotestsjön jämfört med den opåverkade- och de mindre påverkade lokalerna (tabell 11). Antalet registrerade individer i Biotestsjön under 2020 var lägre jämfört med föregående år, främst för tångmärta (*Gammarus sp.*) och märkräftan (*Leptocheirus pilosus*), som påträffades i betydligt högre tätheter år 2019 (figur 20). Märkräfta var tydligt decimerad i Biotestsjön efter den ovanligt varma sommaren 2018 men återfanns i stora tätheter under 2019. Brackvattenmusslan *Mytilopsis leucophaeata* påträffades i stora tätheter under 2020 och var den tredje vanligaste arten i lokalen (tabell 11). Den introducerade nyzeeländska tusensnäcken (*Potamopyrgus antipodarum*) påträffades i förhållandevis låga tätheter för tredje året i rad (tabell 11).

Vid 2020 års undersökningar i lokalen Plymen återfanns endast åtta av tio utsatta Landforsplattor vid tidpunkten för upptag av substraten. De vanligaste arterna i lokalen var, i enlighet med tidigare år, nyzeeländsk tusensnäcka, båtsnäcka (*Theodoxus fluviatilis*), märkräftan *Leptocheirus* och fjädermygglarver (*Chironomidae*).

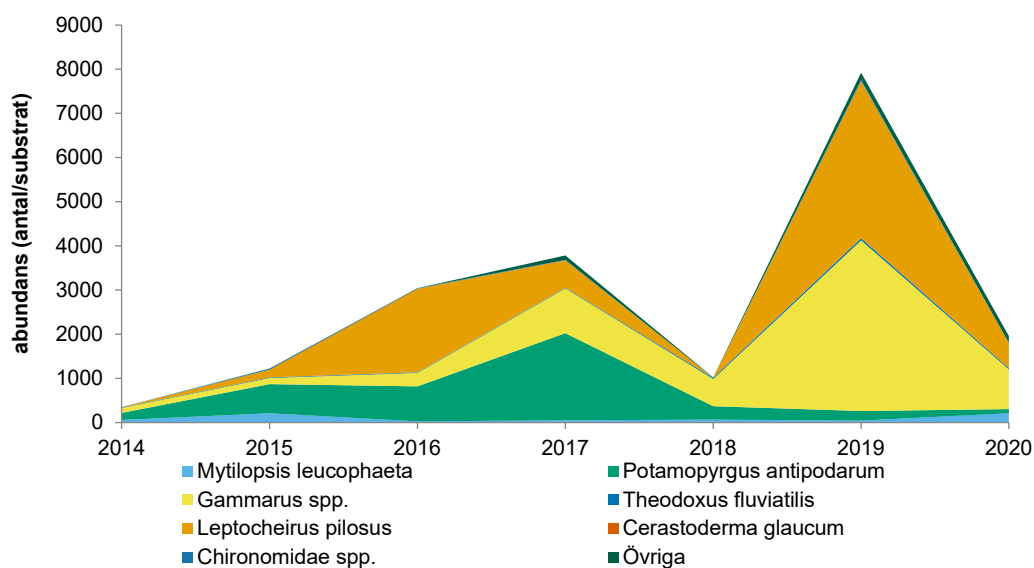
Lokalen Asphällafjärden hade fortsatt det högsta antalet arter av samtliga områden i undersökningarna och antalet individer var endast högre i Biotestsjön (tabell 11). Resultaten i Asphällafjärden visar en viss variation för vilka arter som

förekommer i högst tätheter mellan olika år. År 2020 dominerades bottenfaunan av nordlig hjärtmussla (*Cerastoderma glaucum*) och bukig tusensnäcka (*Ecrobia ventrosa*). Abundansen av den främmande brackvattenmusslan *Mytilopsis* var lägre jämfört med tidigare, och det finns en tendens att arten fortsätter att minska och inte längre är en av de vanligaste på lokalen. I Asphällafjärden påträffades även en individ vardera från kräftdjursordningen *Tanaidacea* och kräftdjursfamiljen *Chydoridae*, arter som aldrig tidigare har registrerats på lokalen.

I den opåverkade referenslokalen vid Borgarna dominerades bottenfauna av fjädermyggor och båtsnäcka, som båda återfanns i mycket stora antal (tabell 11). Under 2020 påträffades flera juvenila individer av den främmande brackvattenmusslan *Mytilopsis* vid Borgarna, till skillnad från 2019 då de var frånvarande. Första gången arten påträffades i den opåverkade referenslokalen var år 2018.

Tabell 11. Medelantal av bottenfauna per Landforsplatta för stationerna i Forsmarksområdet; Biotestsjön, utsläppsområdet för kylvatten utanför Biotestsjön kallat Plymen, området för kylvattenintaget till kraftverket i Asphällafjärden samt Borgarna norr om Biotestsjön som aldrig påverkas av kylvatten.

Artnamn	Latinskt namn	Biotestsjön (ant/substrat)	Plymen (ant/substrat)	Borgarna (ant/substrat)	Asphällafjärden (ant/substrat)
Stor snytesnäcka	<i>Bithynia tentaculata</i>	1,63		0,13	0,75
Nordlig hjärtmussla	<i>Cerastoderma glaucum</i>	7,83	0,38	1,13	241,38
Fjädermyggor	<i>Chironomidae</i>	4,13	9,88	63,13	41,38
Bukig tusensnäcka	<i>Ecrobia ventrosa</i>	31,63	2,13	7,25	178,13
Tångmärla	<i>Gammarus sp</i>	898,63	12,00	21,13	16,75
Tånggråsugga	<i>Idotea chelipes</i>		0,25	0,38	3,5
Strandvatten-gråsugga	<i>Jaera albifrons</i>	0,13	6,63	2,13	6,88
Märkräfta <i>Leptocheirus</i>	<i>Leptocheirus pilosus</i>	559,75	9,88	0,13	5,50
Mytilopsis	<i>Mytilopsis leucophaeata</i>	213,25	6,00	0,63	17,00
Blåmussla	<i>Mytilus edulis</i>		3,5	2,38	9,63
Pungräka <i>Neomysis</i>	<i>Neomysis integer</i>	104,88	2,63	0,75	5,5
Nyazeeländsk tusensnäcka	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	90,88	62,38	0,38	13,63
Oval dammsnäcka	<i>Radix balthica</i>	0,63	3,75	10,38	40,00
Båtsnäcka	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	32,50	31,00	62,00	9,38
Totalantal/Landforsplatta		1 955,28	155,06	189,47	669,85
Artantal		25	20	25	33



Figur 20. Antal av olika bottenfaunaarter per Landforsplatta i Biotestsjön.

Tabell 12. Antal arter per år och station sedan undersökningarna inleddes 2016. År 2018 återfanns inga av de utplacerade Landforsplattorna i Plymen, därav saknas data från det året.

	Biotestsjön	Plymen	Asphällafjärden	Borgarna
2016	17	17	21	15
2017	16	23	26	18
2018	13	-	26	16
2019	25	14	28	18
2020	25	20	33	25
Medelantal arter per år	19,2	18,5	26,8	18,4

4.7. Fågelinventeringar

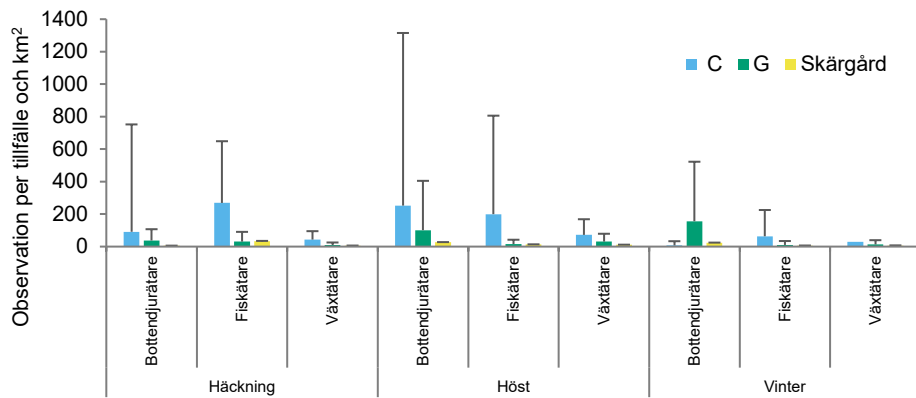
Under 2020 års fågelinventeringar i Forsmark gjordes totalt 28 726 observationer av de arter som ingår i kontrollprogrammet under totalt 24 tillfällen (tabell 13). De viktigaste lokalerna, där över hälften av fåglarna observerades under 2020, var i Biotestsjön (område C; figur 5) och Asphällafjärden (kylvattenintaget, område G; figur 5), där 9 032 respektive 7 128 individer observerades. Fågelförekomsterna i undersökningsområdet visar en nedåtgående trend senaste åren, då cirka 32 000 observerades 2019 och 42 000 under 2018 (Adill m.fl. 2019, 2020). Antalet observationer under 2020 var inom årsvariationerna för de år som inventeringarna utförts, men var de näst lägsta sedan undersökningarna inleddes 2002.

Tabell 13. Sammanlagda fågelförekomster (24 tillfällen) för prioriterade arter inom fågelinventeringarna i zonerna A–G i Forsmark under 2020. Sammanlagda förekomster används här som ett index för att följa populationsförändringar.

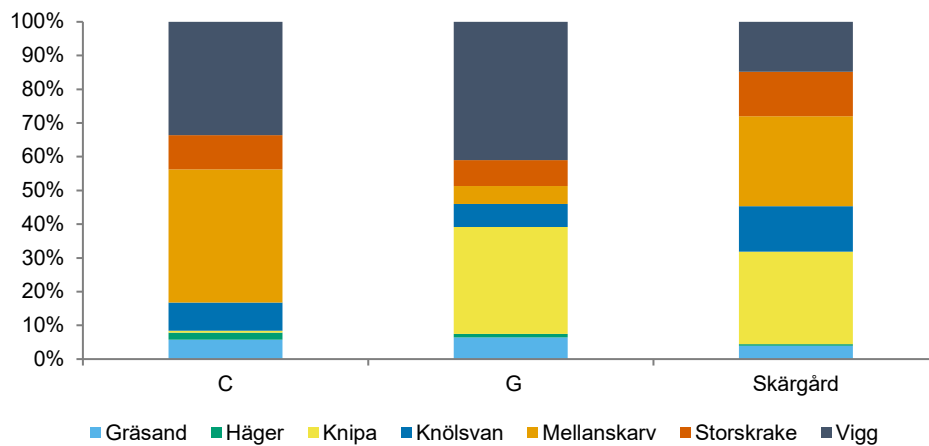
2020	A	B	C	D	E	F	G	Total
Gräsand	37	111	516	15	149	183	461	1472
Häger	2	4	192	20	22	16	70	326
Knipa	170	167	51	184	2106	830	2264	5772
Knölsvan	259	198	752	218	178	844	486	2935
Mellanskarv	805	310	3569	953	193	1107	376	7313
Storskrake	296	61	919	160	304	839	546	3125
Vigg	95	152	3033	446	682	498	2925	7831
Totalantal	1664	1003	9032	1996	3634	4317	7128	28774
Totalantal/km ²	666	836	8211	688	1346	1542	3240	16528

Den vanligaste arten i undersökningsområdet under 2020 var vigg, som till stor del uppehöll sig i Biotestsjön och Asphällafjärden (tabell 13). Dock var viggens förekomst mycket lägre jämfört med tidigare år med endast 7 831 observationer, ungefär hälften av genomsnittet för alla år inventeringarna utförts. Mellanskarvens förekomst har fluktuerat de senaste åren och var under 2020 större jämfört med 2019, (Adill m.fl. 2019) och var i nivå med viggens med 7 313 observationer (tabell 13). Under 2020 genomfördes inga häckningar av mellanskarv i Biotestsjön. Observationerna för övriga arter inom recipientkontrollprogrammet var i ungefär samma omfattning som tidigare år.

Vid mer ingående undersökningar av inventeringsområdet finns det skillnader i vilka funktionella grupper och arter som utnyttjar de olika delområdena. Övergripande under 2020 med avseende för tätheter, så föredrog fiskätande- och växtätande fåglar Biotestsjön året om och bottendjursätande fåglar Asphällafjärden under vintertid (Figur 21). Artmässigt under 2020 dominerade mellanskarv och vigg Biotestsjön och vigg samt knipa Asphällafjärden. I övriga delområdena i skärgården var det en mer jämn artfördelning av arterna inom programmet (Figur 22).



Figur 21. Tätheter av funktionella grupper över säsong i område C-Biotestsjön, G-Asphällafjärden och Skärgården som innefattar resterande zonerna i inventeringsområdet (A,B,D,E,F). Varje säsong avser en fyra månaders period och är uppdelad efter fåglarnas aktivitet; häckning: April-Juli, höst: Augusti-November, vinter: December-Mars. Felstaplar visar max tätheterna.



Figur 22. Relativ fördelning (%) av de studerade fågelarterna i C- Biotestsjön, G-Asphällafjärden och Forsmarks skärgård (A,B,D,E,F)

5. Diskussion

I driften av Forsmarks kärnkraftverk pumpas stora mängder brackvatten genom kraftverket för att kyla kondensatorerna. Kylvattnet tas in via en kanal från Asphällafjärden i Öregrundsgrepen. Efter användning pumpas det använda kylvattnet ut i närrecipienten Biotestsjön och kanalen från F3, som ger en temperaturhöjning med cirka 7-9°C. Kylvattenhanteringen har en direkt påverkan på omgivande kustekosystemen genom att det havsvatten som används innehåller levande organismer som dras med in i systemet, eller filtreras bort vid intaget och dör. Det uppvärmda kylvatten som släpps ut i Biotestsjön och treans kanal har därtill effekter på djurens fysiologi, födotillgång och beteendemönster, vilket i sin tur kan påverka deras tillväxt, reproduktion och förekomst. Dessa förändringar är väl dokumenterade i årsrapporteringar och fördjupade rapporter under de år som kontrollprogrammet har pågått, framförallt när det gäller fisk, bottenfauna och fågel (Adill m.fl. 2013, Adill m.fl. 2019).

Under 2020 förekom långa perioder av driftstopp i kärnkraftverkets reaktorer som var längre jämfört med tidigare år och under normal drift. Avbrotten i produktionen var orsakade av både planerade revisionsarbeten och oplanerade produktionsstopp, på grund av driftstekniska problem. Driftstoppen medförde att behovet av kylvatten till kraftverket minskade och bidrog till att intag- och utsläpp av kylvatten till närrecipienten Biotestsjön var i mindre omfattning jämfört med föregående år. Vid undersökningarna av fiskförlusterna i silstationen för det gemensamma kylvattenintaget till F1 och F2, genomfördes exempelvis provtagningarna med full drift och maximalt kylvattenflöde i endast tio av tolv veckor på hösten. I temperaturdata från utsläppsområdet Biotestsjön däremot, fanns inget som påvisade att kylvattenutsläppen var i lägre omfattning jämfört med tidigare år. Vid jämförelser av temperaturutvecklingen i centrala delarna av Biotestsjön under 2020, påminner resultaten mycket om tidigare års data.

Trots att kylvattenflödena i silstationen var reducerade under stora delarna av provtagningarna under 2020 var fiskförlusterna omfattande. Likt föregående år var storspigg den klart dominerande arten och cirka 50 miljoner individer fastnade i rengallren vid kylvattenintagen. De enorma mängderna storspigg i provtagningarna speglar med stor sannolikhet de höga tätheterna av arten i kustnära områden och i Bottenhavet. Vid andra fiskundersökningar som genomförs i Bottenhavet och Östersjön (till exempel Baltic International Acoustic Survey),

finns likt i silstationsdata från Forsmark tydliga trender för storspiggens ökande förekomst. De senaste decennierna beståndsutveckling för storspigg har till stor del orsakats av storskaliga miljöförändringar i våra havsområden och på ett tydligt sätt påverkat befintliga ekosystem de senaste åren. Fiskarter som var vanliga i våra kustområden tidigare, t ex abborre och gädda, har haft en negativ påverkan och på flertalet kustområden minskat i omfattning (Donadi m.fl. 2020). Vad gäller fiskförlusterna i kylvattenintagen vid Forsmarks kärnkraftverk ska det tas i beräkningarna att de fortsatt kommer att vara omfattande och sannolikt i nivåer som 2019 års enorma mängder under vår- och försommarperiod (Adill 2019).

Förekomsterna av ål i silstationen under 2020 var de lägsta uppmätta sedan provtagningarna inleddes i början av 1990-talet. De reducerade kylvattenflödena i kraftverket bidrog sannolikt till att färre ålar lockades in i Asphällafjärden och slutligen fastnade i silstationerna. Tidigare år har det funnits ett mönster om att stora lekvandrande ålar, så kallade blankålar, har lockats in till kraftverket under senhösten under deras naturliga vandringar ut från Östersjön och mot lekområdena i Sargassohavet. Vid analyser av utvecklingen för ålens förekomster i silstationerna under provtagningsåren blir det alltmer tydligt att de stora mängderna ål som fastnade i silstationerna under slutet av 1990-talet och fram till åren runt 2010, påverkades av tidigare kompensationsutsättningar av ål i Biotestsjön. Under åren 1985 och 1989 genomfördes ett fiskevårdsprojekt i området och drygt 500 000 ålyngel sattes ut i Biotestsjön. Många av ålarna blev kvar i Biotestsjön och en hel del spred sig till omgivande områden i Forsmarks skärgård. I takt med att ålarna tillväxte och uppnådde könsmognad påträffades de i högre grad i silstationsprovtagningarna. Numera är det sannolikt att samtliga individer från utsättningarna försvunnit från området och ej förekommer i data från provtagningarna längre. Resultaten av provfiskena med ryssjor i Biotestsjön visar också att tätheterna av ål är rekordlåg jämfört med situationen i början av 2000-talet. Eftersom ålen är en rödlistad och skyddad art, är det dock av stor betydelse att de ålar som sugts in i kylvattenintaget och fastnar i silstationen återutsätts enligt metodik som byggts upp under 2019 och 2020.

En intressant iakttagelse vid undersökningarna i silstationen under våren var att förekomsterna av gös var relativt stora, och nästintill samtliga gösar var tvååriga individer. Detta är tecken på att den varma våren och sommar 2018 gav goda förhållanden för rekrytering och att gösbeståndet stärkts i Forsmarksområdet. Det fanns förhoppningar om att fångsterna av gös inom provfiskena i augusti skulle ytterligare stärka denna teori men någon sådan effekt fanns inte. De gösar som fångades i Forsmark var i samma storleksspann men inte i så stor omfattning som förväntades. Utifrån dessa resultat finns starka skäl att tro att gösarna som fastnade i silstationen 2020 var individer som kom söderifrån och sannolikt rekryterats i lämpliga lokaler i Kallrigafjärden.

Inom fiskundersökningarna i Biotestsjön kunde det återigen konstateras att tätheterna av varmvattenarter, som till exempel abborre, mört, björkna och sarv, är enormt höga. Under 2020 noterades rekordfångster för bland annat mört under vårperioden och abborre under hösten. Fångstdata under vårperioden visade att det förekommer stor lekaktivitet i området för många arter, och framförallt abborre och mört. En stor andel av fiskarna som genomför leken i Biotestsjön har lockats in till anläggningens varma vatten från omgivande skärgårdsområde. Biotestsjön har på grund av sina förhållanden blivit ett mycket viktigt område för rekrytering av många arter. Eftersom Biotestsjön har varit ett öppet system under en flera år har området nyttjats av fisk att vistas i under kortare perioder eller längre perioder under flertalet år. I undersökningarna har det konstaterats att lekperioderna för många arter varit utdragna processer, vilket kan förklaras med att stationära individer uppnår lekmognad tidigare på våren jämfört med individer som lever i Forsmarks skärgård och i kallare vatten. Individer som genomför leken tidigt under våren får avkomor som föds tidigt under säsongen och får ett första levnadsår med stor tillväxt.

Vid undersökningarna av yngelförekomsterna i Biotestsjön under augusti månad var det påtagligt att anläggningen omfattas av stor lekaktivitet och fiskrekrytering. Förutom att det var stora fångster inom undersökningarna kunde det även noteras visuellt av fältpersonalen vid provtagningstillfällena. I nästintill samtliga områden i Biotestsjön förekom stora stim av småfisk och yngel framför båten vid genomförande av detonationsfiskena. De yngel och småfisk som påträffas i stora mängder i Biotestsjön är avkomor för vårlekande arter såsom löja, mört, björkna och sarv. Dessutom påträffades årsyngel av sutare för första gången, en annan vårlekande art som föredrar Biotestsjöns varma vatten. Sutare tillhör likt mört och björkna familjen karpfiskar (*Cyprinidae*), och har under de senaste åren blivit alltmer vanligt förekommande i fiskundersökningarna inom programmet. Under 2020 påträffades även årsyngel av sutare i silstationsprovtagningarna, vilket kan påvisa att årsyngel spolats ut ur Biotestsjön och förs via strömmar till kylvattenintaget vid kraftverket.

Levnadsförhållandena för de fiskarter som lever i Biotestsjöns uppvärmda vatten tycks enligt undersökningarna vara goda. I samband med provfiskena i Biotestsjön under hösten visade resultaten på höga fisktätheter för flertalet varmvattenarter, såsom abborre, mört och sarv. Vid de mer ingående analyserna av abborrens och mörtens välmående kunde det inte påvisas att individerna i Biotestsjön var i sämre kondition jämfört med individer i referensområdet. Förekomsterna av skador eller sjukdomar hos fisk i Biotestsjön var nästintill obefintliga; endast ett fåtal individer påträffades i undersökningarna med sjukdomssymptom. Vid kontrollerna tillväxten hos abborre kunde det dessutom konstateras att förhållandena i Biotestsjön ger upphov till snabb kroppstillväxt, något som kan ge fördelar i abborrens liv. Vid jämförelse med abborrar som lever i Forsmarks skärgård växer individerna i

Biotestsjön snabbare, åtminstone i de lägre åldrarna. En snabb kroppstillväxt kan dock orsaka individen negativa konsekvenser genom att gonaderna inte utvecklas i samma takt. De låga värdena för gonadosomatiskt index hos abborre i Biotestsjön kan påvisa att gonadutvecklingen påverkas negativt av den snabba kroppstillväxten och på sikt påverka rekryteringsframgången negativt för abborre i Biotestsjön. Denna frågeställning behöver utvärderas mer ingående vid kommande fördjupade rapporter inom recipientkontrollprogrammet. De sammanlagda resultaten inom programmet visar dock att förhållandena för fiskarterna som uppehåller sig i Biotestsjön är gynnsamma och flertalet arter påverkas positivt av kylvattenutsläppet. Det går däremot inte att dra en slutsats om att levnadsförhållandena är gynnsamma under hela året. Av erfarenheter från tidigare år finns kunskaper om att stora mängder stora och vuxna individer dör i Biotestsjön under högsommarperioden då vattentemperaturerna är som högst. Eftersom det inte förekommer några undersökningar inom programmet under denna period blir företeelsen inte övervakad och kontrollerat.

Vid undersökningarna i Forsmarks skärgård med provfisken med Nordiskt kustöversiktnät visade resultaten att tätheterna av fisk var höga, likt 2019. Jämfört med tidigare år har fångsterna under de två senaste åren var större än åren innan och främst av arter inom familjen karpfiskar såsom, mört, björkna och löja. Förekomsterna av mört inom undersökningarna har under nästintill hela provfiskeperioden uppvisat en negativ utveckling i Forsmark, men har med de stora fångsterna under 2019 och 2020 visat att på en möjlig återhämtning. Fångsterna de senaste åren har främst utgjorts av små och unga individer, vilket påvisar särskilt god rekrytering de senaste åren. Det finns dock en frågeställning om den goda rekryteringen skett i Forsmarks skärgård eller om resultaten visar på en spridning av unga individer från Biotestsjön, där mängden mört har ökat årligen sedan flera år tillbaka.

Förekomsterna av abborre i Forsmarks skärgård har genom åren visat stora variationer och under 2020 var mängden abborre relativt liten jämfört med tidigare. Något anmärkningsvärt var att inga årsyngel av abborre fångades i nätprovfiskena, varken under augusti eller i oktober. Vid yngelundersökningarna fångades ett årsyngel av abborre men storleken 107 millimeter leder misstankarna till att individen härstammar från Biotestsjön och att ynglet under året har förflyttat sig till Forsmarks skärgård. Att årsyngel av abborre vandrar från Biotestsjön till Forsmarks skärgård har påvisats tidigare och förekommer sannolikt i relativt stor omfattning. Det är dock inga goda tecken att årsyngel av abborre saknas i nätprovfiskena och kommande undersökningar får utvärdera hur detta påverkar beståndet av abborre i området.

Under 2020 års provtagningar av hårbottenfauna visade samtliga stationer, utom den starkt kylvattenpåverkade Biotestsjön, större antal arter jämfört med föregående år. Dessutom var de totala antalen individer per Landforsplatta under

2020 högre jämfört med fjolårets provtagningar. De höga antalen arter och stora individantalen skulle delvis kunna förklaras av den förändrade provtagningsmetodiken inom undersökningarna. Vid upptagningen av Landforsplattorna under 2020 utfördes detta genom undervattensarbete med en grupp apparatdykare, till skillnad från tidigare då det utförts av en fridykare. Apparatdykning ger dykaren en betydligt längre tid att utföra arbete under vatten och bör ha inneburit ett ännu mer noggrant upptag av substraten och associerad fauna. Införande av apparatdykning inom undersökningarna var främst en arbetsmiljöanpassad åtgärd för personalen och något som kommer att införas som en permanent lösning inom provtagningarna för hårbottenfauna.

Att samma mönster om större artantal och högre tätheter av bottenfauna inte kunde ses i Biotestsjön, skulle kunna vara orsakade av två perioder av väldigt höga vattentemperaturer i juni och augusti. De minskade antalen individer styrs till stor del av låga tätheter av de dominerande arterna märkräfta (*Leptocheirus*) och tångmärla. År 2018 påträffades väldigt låga tätheter av märkräfta efter en period av höga temperaturer, antingen genom direkt effekt av att de inte klarat av de höga temperaturerna eller indirekt som en effekt av ökat predationstryck från fisk. Under sommaren 2018 tycktes tångmärla ha gynnats av de minskade tätheterna av märkräfta. Vid 2020 års provtagningar påträffades även tångmärla i förhållandevis låga antal, möjligen till följd av ökad konkurrens från märkräfta *Leptocheirus* under det föregående året.

Den främmande brackvattenmusslan *Mytilopsis* påträffades i höga tätheter i Biotestsjön och var den tredje vanligaste arten vid årets provtagningar. Arten har påvisats kunna reproducera sig inom ett väldigt brett temperaturspann och anses vara generellt väldigt tålig mot höga vattentemperaturer (Rajagopal m.fl. 2005; Verween m.fl., 2007). Det är möjligt att 2019 års relativt låga sommartemperaturer i Biotestsjön inte gynnade den opportunistiska *Mytilopsis*, som istället främjas av att andra arter påverkas negativt av höga vattentemperaturer. Att brackvattenmusslan *Mytilopsis* påträffades på mjukbottenstationen i utsläppsområdet från Biotestsjön kan vara ett tecken om att arten blivit mer allmän i Forsmarksområdet. De höga tätheterna av *Mytilopsis* vid referenslokalen Borgarna kan förstärka detta resonemang och spridningen har sannolikt påverkats av starka nordgående strömmar från utloppet från Biotestsjön. I likhet med 2018 års undersökning återfanns endast juvenila individer i området, och som tidigare kommer det att vara angeläget att undersöka huruvida arten överlever vintern och om de kan etablera sig vid Borgarna. I sammanhanget bör nämnas att *Mytilopsis* är känd för benägenheten att kolonisera och täppa till industriella kylvattenintag (Zhulidov m.fl. 2021). Detta har dock hittills inte skett i Forsmark.

Totalt sett fanns det betydligt färre fåglar i inventeringsområdet i Forsmarks skärgård under 2020 jämfört med tidigare år. Normalt skapar kärnkraftverkets drift isfria områden året om, bland annat Biotestsjön och Asphällafjärden, som möjliggör

födösök för sjöfåglar och därmed utgör lämpliga övervintringslokaler. Detta bidrar till att tätheterna av sjöfåglar blir höga i dessa områden under vinterhalvåret. Under den varma vintern 2019-2020 lade sig dock aldrig isen i Forsmarks skärgård, vilket innebar att sjöfåglaerna inte behövde uppsöka dessa övervintringslokaler. Detta är troligtvis den förklaring som finns till de lägre totalantalen sjöfåglar räknade inom inventeringsområdet under 2020.

Trots den milda vintern var Biotestsjön och Asphällafjärden viktiga lokaler för sjöfågel under hela året med höga antal individer per inventeringstillfälle. Biotestsjön hade högst tätheter av sjöfågel per ytenhet och var den enskilt viktigaste lokalen för arterna inom undersökningarna. Över hälften av alla sjöfåglar som räknades under 2020 befann sig i Biotestsjön och Asphällafjärden, vilket tyder på att områdena bjuder på gynnsamma förhållanden utöver att vara övervintringslokaler.

Den dramatiska minskningen av vigg i undersökningarna, endast hälften av vad som normalt räknas, står för den största delen av minskade fågelförekomsterna. Att viggen uteblev i inventeringsområdet kan troligtvis förklaras med den milda, isfria vintern i regionen och att viggen inte behövde uppsöka övervintringslokalerna som kraftverket i normala fall ger upphov till.

Mellanskarven, vars förekomst fluktuerat under de senaste åren med låga förekomster 2017 och 2019, vistades återigen i hög utsträckning inom inventeringsområdet under 2020. Särskilt har förekomsterna i Biotestsjön ökat jämfört med 2019, sannolikt på grund av de gynnsamma födoförhållandena med rekordstora mängder fisk i området. Dock nyttjade skarven Biotestsjön endast för uppehåll och födosök då inga häckningsförsök observerades. Mellanskarvens ökning i inventeringsområdet skulle på sikt kunna innebära en risk för framtida påverkan för de lokala fiskbestånden och andra fågelarter i området. Det finns dock inga resultat inom det biologiska recipientkontrollprogrammet för att någon sådan påverkan skett tidigare när mellanskarven varit lika vanligt förekommande som under 2020.

Det finns en stor skillnad för vilka funktionella grupper samt arter som nyttjar de olika områdena under året. Kraftverkets drift och utsläpp av uppvärmt kylvatten har resulterat till höga vattentemperaturer i Biotestsjön, som har bidragit till stor växtproduktion och höga fisktätheter i området. Detta har sannolikt attraherat växt- och fiskätande sjöfåglar att vistas i Biotestsjön. Under vinterhalvåret finns mönster om att bottenfaunaätande sjöfåglar föredrar områdena i Asphällafjärden, sannolikt på grund utav höga tätheter av lämplig föda i området samt mindre konkurrens från andra individer och fågelarter.

Biotestsjön, som utöver att vara ett viktigt område för fågelarterna som ingår i recipientkontrollprogrammet, utgör även som en skyddad rastplats för många arter under flyttiderna och lämpligt habitat till andra arter som normalt inte befinner sig i skärgårdsmiljö. Under 2020 års fågelinventeringar skådades kungsfiskare (*Alcedo*

atthis) och smådopping (*Tachybaptus ruficollis*), arter som vanligtvis lever vid sjöar och åar. Däggdjuret Utter (*Lutra lutra*) har blivit alltmer vanlig i inventeringsområdet, med regelbundna observationer av en ensam individ som under höstperioden även fick sällskap av ytterligare en individ.

6. Referenser

- Adill, A., Mo, K., Sevastik, S., Olsson, J., Bergström, L. (2013). *Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk - Sammanfattande resultat av undersökningar fram till år 2012*. Aqua reports 2013:19. Sveriges lantbruksuniversitet, Öregrund. 69 s.
- Adill, A., Heimbrand, Y., Mo, K., Bergström, L. (2015). *Undersökning av hårbottenfauna vid Forsmarks kärnkraftverk - Metodikutveckling av artificiella substrat för övervakning av bottenfaunasamhällen på områden som saknar sediment*. Aqua reports 2015:10. Sveriges lantbruksuniversitet, Öregrund. 35 s.
- Adill, A., Bryhn, A., Karlsson, E. (2018). *Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk, Sammanfattande resultat av undersökningar fram till år 2017*. Aqua reports 2018:14. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser, Öregrund Drottningholm Lysekil. 81s.
- Adill, A., Holliland, P. B., Karlsson, E. (2019). *Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk, Årsrapport för 2018*. Aqua reports 2019:11. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser, Öregrund Drottningholm Lysekil. 42s
- Adill, A., Åkerlund, C. (2020). *Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk, Årsrapport för 2019*. Aqua reports 2020:7. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser, Öregrund Drottningholm Lysekil. 37s.
- Andersson, J. (2015). *Provfiske med kustöversiktsnät, nätlänkar och ryssjor på kustnära grunt vatten* <https://www.havochvatten.se/hav/vagledning--lagar/vagledningar/miljoovervakningens-metoder-och-undersokningstyper-inom-programomrade-kust-och-hav.html>
- Donadi, S., Bergström, L., Berglund, J. M. B., Bäck, A., Mikkola, R., Saarinen, A., Bergström, U. (2020). *Perch and pike recruitment in coastal bays limited by stickleback predation and environmental forcing*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, Volume 246.
- Ehlin, U., Lindahl S., Neuman E., Sandström O. & J. Svensson, (2009). *Miljöeffekter av stora kylvattenutsläpp. Erfarenheter från de svenska kärnkraftverken*. Elforsk rapport 09:79.
- Karlsson, M. (2015). *Provfiske i Östersjöns kustområden – Djupstratifierat provfiske med Nordiska kustöversiktsnät*. <https://www.havochvatten.se/hav/vagledning--lagar/vagledningar/miljoovervakningens-metoder-och-undersokningstyper-inom-programomrade-kust-och-hav.html>
- Karås, P., A. Adill, M. Boström, K. Mo & A. Sevastik, (2010). *Biologiska undersökningar vid Forsmarks kraftverk år 2000–2007*. Fiskeriverket informerar, FINFO 2010:2.

- Mo, K., P. Karås, Neuman, E., Sandström, O. & H. Svedäng, (1996). *Biologiska undersökningar vid Forsmarks kraftverk 1980–1995*. Fiskeriverket, Kustrapport 1996:6
- Naturvårdsverket. (1978). *Biologiska inventeringsnormer, BIN, Fåglar*. Punktlinjekartering.
- Rajagopal S., Van der Gaag M., Van der Velde G., Jenner H.A. (2005) *Upper temperature tolerances of exotic brackish-water mussel, Mytilopsis leucophaeata (Conrad): An experimental study*. Marine Environmental Research 60:512-530.
- Sandström, O. (1985). *Recipient monitoring at Forsmark nuclear power station. Report summary 1984*. SNV Report 1915, 26 pp.
- Sandström, O. & B. Svensson, (1990). *Kylvattnets biologiska effekter, Forskning i Biotestsjön, Forsmark, 1984-1988*.
- Sandström, O. (1990). *Vattenmiljön vid Forsmarks kraftstation*. Naturvårdsverket, Rapport 3867. 42s.
- Sandström, O., K. Mo, P. Karås, K. Saulamo & A. Sevastik, (2002). *Biologiska undersökningar vid Forsmarks kraftverk 1995– 2000*. Fiskeriverket informerar, FINFO 2002:3.
- Svärdson, G. (1961). *Ingen effekt av sikodlingen i Kalmarsund*. Svensk Fiskeri Tidskrift. 70:23–26.
- Thoresson, G. (1992). *Handbok för kustundersökningar, Recipientkontroll*. <http://www.slu.se/Documents/externwebben/akvatiskaresurser/publikationer/FIV/KLAB/PM029-%20handbok%20recip.pdf>
- Thoresson, G. (1996). *Guidelines for coastal fish monitoring*. <http://www.slu.se/Documents/externwebben/akvatiskaresurser/publikationer/FIV/KLAB/PM087-eng%20hand%201996-2.pdf>
- Verween A., Vincx M., Degraer S. (2007) *The effect of temperature and salinity on the survival of Mytilopsis leucophaeata larvae (Mollusca, Bivalvia): The search for environmental limits*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 348:111-120.
- Zhulidov AV, Kozhara AV, Son MO, Morhun H, van der Velde G, Leuven RSEW, Gurtovaya TY, Zhulidov DA, Kalko EA, Kuklina YA, Kosmenko LS, Santiago-Fandino VJR, Nalepa TF (2021). *Additional records of the bivalves Mytilopsis leucophaeata (Conrad, 1831) (Dreissenidae) and Arcuatula senhousia (Benson, 1842) (Mytilidae) in the Ponto Caspian region*. BioInvasions Records 10 (1): 119–135.

