



Aqua reports 2015:7

# **Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk**

Årsrapport för 2014

Anders Adill, Yvette Heimbrand



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

## Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk Årsrapport för 2014

Anders Adill, Yvette Heimbrand

### Adress

SLU, Institutionen för akvatiska resurser,  
Kustlaboratoriet, Skolgatan 6, 742 42 Öregrund

April 2015

SLU, Institutionen för akvatiska resurser

Aqua reports 2015:7

ISBN: 978-91-576-9312-9 (elektronisk version)

Ansvarig utgivare:

Magnus Appelberg

Vid citering uppge:

Adill, A., Heimbrand, Y. (2015). Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk -  
Årsrapport för 2014.

Aqua reports 2015:7. Sveriges lantbruksuniversitet, Öregrund. 52 s.

Rapporten kan laddas ned från

<http://www.slu.se/aquareports>

<http://epsilon.slu.se/>

E-post

[Anders.adill@slu.se](mailto:Anders.adill@slu.se)

Rapportens innehåll har granskats av:

Andreas Bryhn, SLU, Institutionen för akvatiska resurser, Kustlaboratoriet

Magnus Huss, SLU, Institutionen för akvatiska resurser, Kustlaboratoriet

Finansiär:

Forsmarks Kraftgrupp AB

Omslagsfoton:

Anders Adill

## Sammanfattning

I rapporten redovisas resultaten av undersökningarna inom recipientkontrollprogrammet i Forsmark under 2014. Sedan 2013 har produktionen i Forsmark 2 varit vid en förhöjd effektnivå, vilket bland annat har resulterat i ökad genomströmning av kylvatten genom kraftverket. Förlusterna av fisk i silstationerna uppgick till cirka 17 miljoner individer under provtagningsperioderna. Likt tidigare år svarade storspigg (*Gasterosteus acelatus*) för de största förlusterna med 95 % av den totala fiskförlusten på våren och 80 % under hösten. Förlusterna av ål (*Anguilla anguilla*) i silstationerna har de senaste åren avstannat och var under 2014 de lägsta på 20 år. Majoriteten av ålarna var könsmogna blankålar som fastnade i silarna under hösten. Förlusterna av typiska varmvattenarter såsom abborre (*Perca fluviatilis*), mört (*Rutilus rutilus*), gädda (*Esox lucius*) och gös (*Sander lucioperca*) var små under 2014.

Fångsterna i nätprovfiskena i Biotestsjön under våren 2014 visade anläggningens stora betydelse för några av varmvattenarterna. Abborre, mört, gers (*Gymnocephalus cernua*), björkna (*Abramis bjoerkna*) och sarv (*Scardinius erythrophthalmus*) har samtliga ökat i anläggningen sedan gallren avlägsnades vid Biotestsjöns utlopp 2004 och lekaktiviteten i Biotestsjön var omfattande. Trots den stora lekbiomassan under våren visade yngelundersökningarna på låga tätheter av årsyngel av abborre och mört på hösten. Sarv var däremot vanlig bland årsynglena. Fångsterna av ål i Biotestsjön under våren har de senaste åren visat på små mellanårsvariationer, dock minskade tätheter sedan provfisket inleddes 2003.

Under hösten fångades stora mängder abborre i nätprovfiskena i Biotestsjön. Andelen unga fiskar var högt, 90 % av alla abborrar var ett år gamla eller yngre. Storleken hos dessa individer var mycket hög relativt till deras ålder, vilket visar att förhållandena i Biotestsjön under 2014 var idealiska för snabb tillväxt hos unga individer. Frånvaron av äldre abborrar i anläggningen kan betyda att de lämnade Biotestsjön under sommaren när temperaturerna blev för extrema.

Den positiva utvecklingen med fångster av stor abborre (>25 cm) i nätprovfisket i Forsmarks skärgård fortsatte under 2014. Ålders- och tillväxtanalyserna av abborrarna visade tydliga tecken på att vissa individer har levt periodvis i Biotestsjön med år av extremt hög tillväxttakt. Andelen cyprinider (mört, löja, björkna, vimma, braxen och id) i Forsmarksområdet var mycket låg under 2014 och uppgick endast till 5 % av fångsterna.

Resultaten från bottenfaunaundersökningarna under 2014 vid den medeldjupa stationen nära ön Länsman visade att bottenfaunasamhället hade återhämtat sig sedan kollapsen 2011. Anledningen till tidigare års kollaps i bottenfaunasamhället tillskrivs mekaniska skador på bottnarna vid provtagningsstationen, orsakade av kabeldragningsarbete i samband med förläggningen av sjökabeln Fenno-Skan 2.

Fågelinventeringarna inom kontrollprogrammet visade under 2014 att Biotestsjön var det enskilt viktigaste området i Forsmark för de sjöfågelarter som ingår i programmet. Mellanskarven (*Phalacrocorax carbo sinensis*) genomförde för andra året i rad häckningar inne i Biotestsjön men likt 2013 överlevde inga ungar. Orsaken till detta tillskrevs framförallt havsörnarna i området, som frekvent attackerade skarvkolonin och konsumerade de flesta av skarvungarna efter kläckningen.

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>5</b>
1.1	Rapportens innehåll och syfte	5
1.2	Bakgrund	5
<b>2</b>	<b>Kraftverkets drift</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Kontrollprogrammets genomförande 2014</b>	<b>11</b>
3.1	Fiskundersökningar	11
3.1.1	Silstationer	11
3.1.2	Biotestsjön	12
3.1.3	Öregrundsgrepen och Finbofjärden	14
3.2	Bottenfauna	16
3.2.1	Mjukbottenfauna	16
3.2.2	Hårdbottenfauna	17
3.3	Fågelinventeringar	19
3.4	Temperaturövervakning	19
<b>4</b>	<b>Resultat</b>	<b>21</b>
4.1	Fiskundersökningar	21
4.1.1	Silstationer	21
4.1.2	Biotestsjön	25
4.1.3	Öregrundsgrepen och Finbofjärden	36
4.2	Bottenfauna	41
4.3	Fågelinventeringar	43
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>47</b>
	<b>Referenser</b>	<b>51</b>



# 1 Inledning

## 1.1 Rapportens innehåll och syfte

Denna rapport redovisar resultat från den biologiska kontrollverksamheten i vattenrecipienten utanför Forsmarks kraftstation 2014 och sammanfattar långsiktiga och pågående trender i samhällena av fisk, mjukbottenfauna och 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). Resultaten av undersökningarna jämförs med referensområdet vid Finbofjärden i nordvästra Åland och presenteras i årliga rapporter (Adill m.fl. 2014). Fördjupade utvärderingar görs vart femte år (Sandström 1985; Sandström 1990; Mo m.fl. 1996; Sandström m.fl. 2002; Karås m.fl. 2010; Adill m.fl. 2013) och kan leda till förändringar i baskontrollen.

## 1.2 Bakgrund

Forsmarks kärnkraftverk drivs av Forsmarks Kraftgrupp AB (FKA) och är beläget vid kusten i nordöstra Uppland (figur 1). Energiproduktionen startade när den första reaktorn togs i drift 1980. Verksamheten utökades därefter 1981 med ett andra aggregat och slutligen 1985 med ett tredje. Produktionen av elektrisk energi har de senaste åren uppgått till 20-25 TWh per år för samtliga tre reaktorer. För kylning av processen i kondensorererna kräver driften av kraftverkets tre reaktorer närmare 150 kubikmeter brackvatten per sekund. Kylvattnet tas in till kraftverket från Öregrundsgrepen via en kanal från Asphällafjärden (figur 1). Brackvattnet innehåller levande organismer i form av bland annat djurplankton och fisk. De största organismerna, fisken, avskiljs med stora bandsilar (maskvidd 2,5 mm) vid intaget till kraftverket och går förlorade. Mindre organismer, till exempel djurplankton, fiskägg och fisklarver kan passera genom silarna.



Figur 1. Översikt av undersökningsområdet i södra Bottenhavet och lägena för intagskanalen till kraftverket via Asphällafjärden, Biotestsjön, närrecipienten i Forsmarks skärgård samt lokaliseringen av referensområdet Finbo.



När kylvattnet når kondensorerne i kraftverket sker en cirka tiogradig temperaturhöjning av vattnet. Djurplankton som följer med kylvattnet i processen utsätts för stora tryck- och temperaturförändringar, som inte är direkt livshotande. Dock kan mekaniska skador uppstå som senare leder till att de dör (Sandström 1990). Fiskägg och fisklarver är känsligare för tryckförändringar och dödligheten är sannolikt stor om de suges in i kylvattenintaget. Fiskarter med pelagiska ägg och larver förekommer dock främst i Västerhavet och omfattningen av förlusterna i Forsmark är troligtvis på låga nivåer (Ehlin m.fl. 2009).

Det uppvärmda vattnet pumpas gemensamt för Forsmark 1 och 2 via ett tunnel-system ut till Biotestsjön och för Forsmark 3 till en närliggande öppen kanal (figur 3). I tunnarna sker ett stort bortfall av djurplankton. Längs kylvattenvägarna ut från kärnkraftverket mot Biotestsjön har filtrerande djur etablerat sig, till exempel havstulpaner och musslor, som konsumerar stora mängder plankton (Ehlin m.fl. 2009; Sandström 1990; Sandström & Svensson 1990).

Biotestsjön är en invallad cirka 90 hektar stor anläggning som har byggts för forskning och uppföljning av kylvattnets effekter på miljön och är det område som är mest påverkat av temperaturhöjningen. Vattentemperaturen i Biotestsjön är, vid normal energiproduktion på kraftverket, 7-9 °C högre än i omgivande områden. Efter transport genom Biotestsjön och det tredje aggregatets kylvattenkanal släpps kylvattnet slutligen ut vid en gemensam punkt till Öregrundsgrepen.

Med anledning av begäran från FKA om att ta bort fiskgallren vid Biotestsjöns utlopp gjordes 2002 en utredning av Fiskeriverket om möjligheterna att göra detta sett ur forskningens perspektiv. Detta ansågs möjligt förutsatt att en dokumentation av förhållandena innan öppnandet utfördes. Studierna genomfördes under 2003 och berörde framförallt fiskesamhällets status, men även bottenfauna, genetik och fisksjukdomar. Under 2004 reviderades kontrollprogrammet för att följa förändringarna hos fisk- och bottenfaunabestånden i recipientområdet efter avlägsnandet av gallret och detta program drevs fram till 2007. En stor del av undersökningarna under denna period fokuserades kring fiskars säsongsmässiga vandringar till kylvattenvägen och kontroll av om fisken anlockades in till Biotestsjön. Utökade studier av bottenlevande djur och fiskyngel kom också att ingå i programmet. Resultaten samt diskussioner kring detta återfinns i Karås m.fl. (2010).

Den nu aktuella utformningen av recipientkontrollprogrammet finns beskriven i metodikavsnittet. I undersökningarna studeras hur de omgivande fisk-, bottenfauna- och fågelsamhällena påverkas av kärnkraftverkens intag och utsläpp av kylvatten. För genomförande av det biologiska programmet inom recipientkontrollen ansvarar från och med 2011-07-01 Kustlaboratoriet vid Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), efter avvecklingen av Fiskeriverket, som tidigare var ansvarig utförare. Institutionen utför även insamlandet av

prover för det radiologiska programmet inom kontrollverksamheten. Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) ansvarar för redovisningen av detta program. För fågelinventeringarna ansvarar Alf Sevastik, Kustbild.

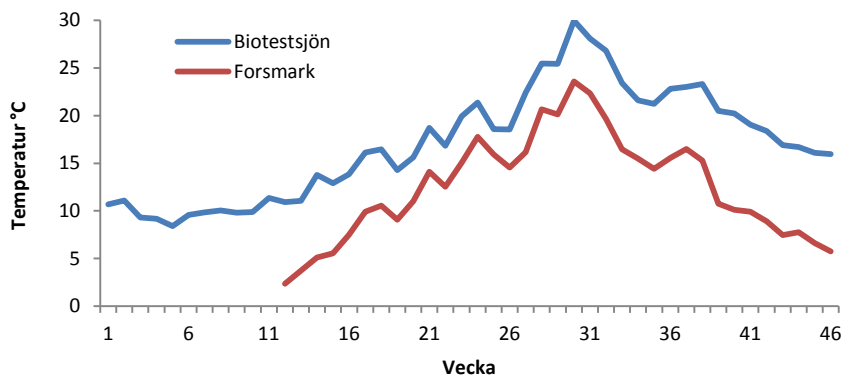
Sedan FKA år 2008 beviljades att höja effekten i samtliga tre reaktorer i Forsmark har förberedelsearbetena inletts på kraftverket. Arbetet med effekthöjningen planeras pågå successivt och sedan 2013 har kärnkraftverket påbörjat produktionen vid en högre effektnivå. Vid Forsmark 2 (F2) uppgår effekthöjningarna till 120 % av den ursprungliga installerade effekten. I Forsmark 1 (F1) har merparten av installationerna genomförts och effekthöjningarna planeras att starta upp under 2017 eller 2020. Under 2014 beslutade FKA att inte genomföra installationerna för att höja effekten vid Forsmark 3 (F3).

Effekterna av det ökade energiuttaget i kärnkraftverket förväntas påverka den fysiska vattenmiljön och dess organismer främst genom ökat kylvattenflöde genom kraftverket och höjda vattentemperaturer i närrecipienten. När effekthöjningen är slutförd beräknas kylvattenflödet ha ökat med cirka 20 kubikmeter per sekund för F1 och F2 samt att utsläppstemperaturen i Biotestsjön förväntas höjas från 10,3°C till 11,0°C. För att bedöma vilken betydelse den ökade bortledningen av kylvatten och den ökade värmeförseln till havet kan få för det allmänna fiskeintresset tillsatte miljödomstolen ett prövotidsförordnande för att avgöra frågan. FKA skulle i samråd med Fiskeriverket, numera SLU institutionen för akvatiska resurser, undersöka frågan enligt program som parterna kom överens om. Under hösten 2009 inrättades ett undersökningsprogram, Effekthöjningsprogrammet, som ska utreda effekterna på fiskfaunan av ökat kylvattenflöde och höjda vattentemperaturer i recipienten. Under 2014 rapporterades den första delen av undersökningarna, förstudierna från 2009 fram till 2014 (Adill m.fl. 2014). De uppföljande studierna inom programmet kommer att påbörjas när kraftverket genomfört effekthöjningarna och ska pågå under tre år. Den slutliga rapporteringen ska redovisas till miljödomstolen senast fem år efter att produktionen vid kraftverket legat på den nya effektnivån.

## 2 Kraftverkets drift

Under 2014 har Forsmarks kärnkraftverk haft en rekordstor drift i anläggningarna och producerat drygt 25 000 gigawattimmar under året. Anledningen till den höga produktionsnivån beror på de effekthöjningar som genomfördes 2012 vid Forsmark 2 (F2). Effekthöjningarna har medfört att kylvattenflödet till det gemensamma intaget för F1 och F2 har ökat till 96 m<sup>3</sup>/s efter effekthöjningen jämfört med 88 m<sup>3</sup>/s före. Under 2014 hade Forsmarks kärnkraftverk ett längre avbrott i produktionen i samband med de planerade revisionsavställningarna, för F1 23 april-12 maj, för F2 25 maj-26 juni och för F3 27 juli-19 september.

Temperaturen i Biotestsjön har under 2014 varierat från cirka 8°C under vintermånaderna till drygt 31°C i månadsskiftet juli-augusti (figur 2). Extrema temperaturer över 30 °C förekom sex dagar under 2014, i referensområdet Ön uppgick de högsta temperaturerna till drygt 25 °C.



Figur 2. Medeltemperaturer per vecka i Biotestsjön (Biotestsjöns utlopp) och Forsmark under år 2014.



## 3 Kontrollprogrammets genomförande 2014

Provtagningen inom recipientkontrollprogrammet 2014 har genomförts, med få undantag, enligt fastslagen plan. Moment som inte har fullföljts enligt plan är temperaturmätningarna på stationen centralt i Biotestsjön och på stationerna 1 och 2 i Lagunen (temperaturloggrarna förlorades av okänd anledning någon gång under hösten).

### 3.1 Fiskundersökningar

För mer utförliga beskrivningar av kontrollprogrammets metodik hänvisas till Handbok för kustundersökningar, recipientkontroll (Thoresson 1992; 1996), Provfiske med kustöversiktsnät, nätlänkar och ryssjor (Andersson 2009) och Provfiske i Östersjöns kustområde – Djupstratifierat provfiske med Nordiska kustöversiktsnät (Söderberg 2009). Då avvikelser skett från uppsatt kontrollprogram anges det i slutet av varje stycke nedan.

#### 3.1.1 Silstationer

Kontroll av fiskförluster genomförs i den gemensamma silstationen för 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 artbestäms, räknas och vägs. Beräkningar görs av de totala förlusterna under hela provtagningsperioden, inklusive en uppskattning av förlusterna vid silstationen för F3. I samband med provtagningarna registreras vattentemperaturer och vattenflöde.

Vid ett tillfälle under våren och hösten tas ett slumpmässigt prov på 100 individer av storspigg för längdmätning med en millimeters noggrannhet. Dessutom tas slumpmässiga prov på minst 100 årsyngel av abborre, gädda, gös och sik för längdmätning under höstprovtagningen. För årsyngel av strömming genomförs

längdmätningar av 100 individer vid två tillfällen på hösten, ett i september och ett i oktober.

### 3.1.2 Biotestsjön

#### *Beståndsövervakning med nätprovfiske*

Provfiske med kustöversiktsnät genomförs en natt varannan vecka under 1 mars–15 juni samt vid tre tillfällen under perioden 20 oktober – 1 november. Vid varje tillfälle fiskas fem stationer med två nät (figur 3).

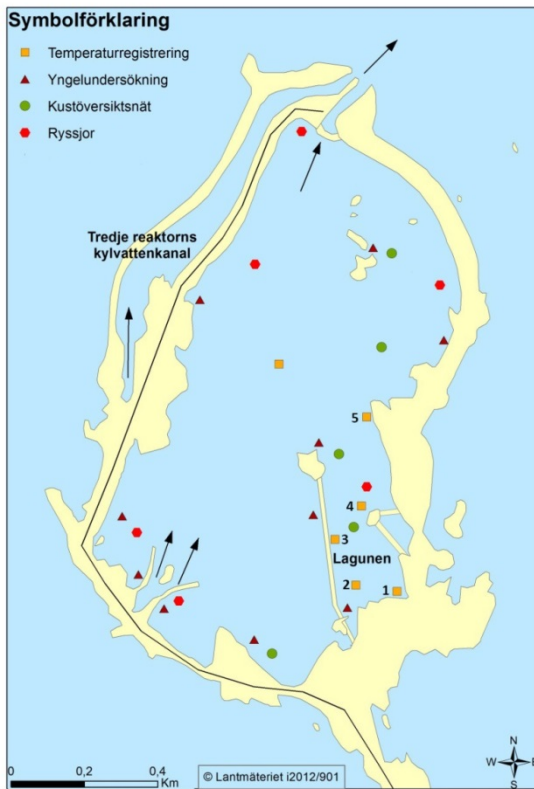
#### *Beståndsövervakning med ryssjeprovfiske*

Fiske med ryssjor genomförs under fyra veckor i april. Under fiskeperioden fiskas sex stationer med tre parryssjor länkade med varandra (figur 3). Redskapen sätts i sjön vid början av perioden och vittjas en gång per vecka. All fångst artbestäms och längdmäts.

#### *Kontroll av kondition och gonadstatus hos abborre och mört*

Vid nätprovfiskena under perioden 20 oktober – 1 november insamlas 100 honor (tio individer vardera från längdgrupperna 14 till 24 centimeter och samtliga större fiskar) av abborre och mört för kontroll av kondition och gonadstatus. Kondition enligt Fultons index (K) beräknas med formeln:  $K = w * L^{-3} * 100$ , där w är vikten i gram och L är längden i centimeter. Ett värde över 1,0 anses motsvara god kondition hos fisken. För att kontrollera 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 fyrgradig skala; Könsorgan ej utvecklade, Könsorgan under tillväxt, dock ej lekmogen, Lekmogen och Utlekt.

Insamling av abborre och mört från Forsmarks skärgård för referensprov genomförs enligt samma metodik och under samma period som ovan.



Figur 3. Översikt av Biotestsjön med provtagningspunkter för undersökningar av fisk och vattentemperatur.

#### *Kontroll av ålder och tillväxt*

Från de 100 insamlade abborrhonorna för konditions- och gonadkontroll tas även gällock och otoliter för analys av ålder och tillväxt.

Insamling av abborre från Forsmarks skärgård för referensprov genomförs enligt samma metodik som ovan.

#### *Beståndsovervakning av yngel med detonationsteknik*

Yngel och småväxta arter insamlas med detonationsteknik på tio fasta stationer vid tre tillfällen i augusti (figur 3). Samtliga fiskar artbestäms och längdmäts.

#### *Kontroll av sjukdomar, skador och parasitering hos fisk*

Samtliga fiskar vid provfiskena okulärbesiktas för kontroll av fisksjukdomar och parasitering.

### 3.1.3 Öregrundsgrepen och Finbofjärden

#### *Beståndsövervakning med nätprovfiske*

Provfiske genomförs i augusti med Nordiska kustöversiktsnät på 45 stationer enligt standardförfarande (figur 4) (Söderberg 2009). Samma metodik genomförs i referensområdet i Finbofjärden (figur 5).

#### *Kontroll av ålder och tillväxt*

Vid provfisket med Nordiska kustöversiktsnät 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 Svärdsöns metodik (Svärdsö 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 (Thoresson 1996). I referensområdet vid Finbofjärden genomförs provtagningen med samma metodik.

#### *Beståndsövervakning med detonationsteknik*

Yngel och småväxta arter insamlas med detonationsteknik på tio fasta stationer vid tre tillfällen i september (figur 4). Samtliga fiskar artbestäms och längdmäts.

#### *Kontroll av sjukdomar, skador och parasitering hos fisk*

Samtliga fiskar som fångas vid provfiskena okulärbesiktigas för kontroll av fisksjukdomar, skador och parasitering.





Figur 4. Undersökningsområdet i Forsmark.



Figur 5. Referensområdet i Finbofjärden.

## 3.2 Bottenfauna

### 3.2.1 Mjukbottenfauna

Mjukbottenfauna insamlas kvantitativt enligt standardmetodik (Thoresson 1992), på två stationer, 119 (16 m) och 121 (41 m) i Öregrundsgrepen under maj månad med van Veen-hämtare (figur 8). Referensprovtagning utförs i Finbofjärden under samma månad på två stationer, 2 och 9. Prover insamlas även från stationerna 3 och 10, för konservering och eventuell framtida analys (figur 5). I Öregrundsgrepen tas fem hugg per station och i Finbofjärden tre hugg per station. Sortering och analys av proverna genomförs på laboratorium.



Figur 6. Överst till vänster: Van Veen-huggaren är på väg upp efter att ha tagit ett bottenhugg. Överst till höger: Bottenhugg bestående av lera i olika skikt. Det översta ljusbruna oxiderade skiktet innehåller de flesta av bottendjuren. Nederst till vänster: Materialet i bottenhugget spolas försiktigt med havsvatten genom ett 1 mm såll för att samla upp de bottenlevande djuren. Nederst till höger: Östersjömussla (*Macoma balthica*).

### 3.2.2 Hårdbottenfauna

Hårdbottenfauna insamlas kvantitativt enligt metodik som utvecklats inom en pilotstudie i Forsmarksområdet sedan 2010, och som kommer att utvärderas och rapporteras under 2015. För utförligare beskrivningar av provtagningarna samt resultat från studierna hänvisas till kommande rapportering som planeras att vara färdigställd i juni månad.

Insamlingarna av hårdbottenfauna genomförs med artificiella substrat på fyra stationer i Forsmarksområdet, centralt i Biotestsjön (Biotestsjön), utsläppsområdet utanför Biotestsjön (Plymen), norr om varmvattenplymen (Borgarna) och i intagsområdet för kylvatten till kraftverket (Asphällafjärden) (figur 8). På varje station genomförs provtagningar med tio stycken substrat bestående av tre sektioner av plexiglas, med måtten  $10 \times 10$  cm, monterat på en metallstång som fästs till en betongplatta (figur 7). Substraten ställs på plats i maj månad på cirka fyra meters djup och plockas upp i slutet av september. Innan substraten tas upp ur vattnet placeras en nätpåse runt plexiglasen genom snorkling. Genom detta förfarande säkerställs att alla djur kommer med i provtagningen även om de skulle lossna från plexiglasskivorna vid upptaget. Under provtagningsperioden registreras temperaturen på stationerna kontinuerligt med dataloggers. Sortering och analys av proverna genomförs på laboratorium.



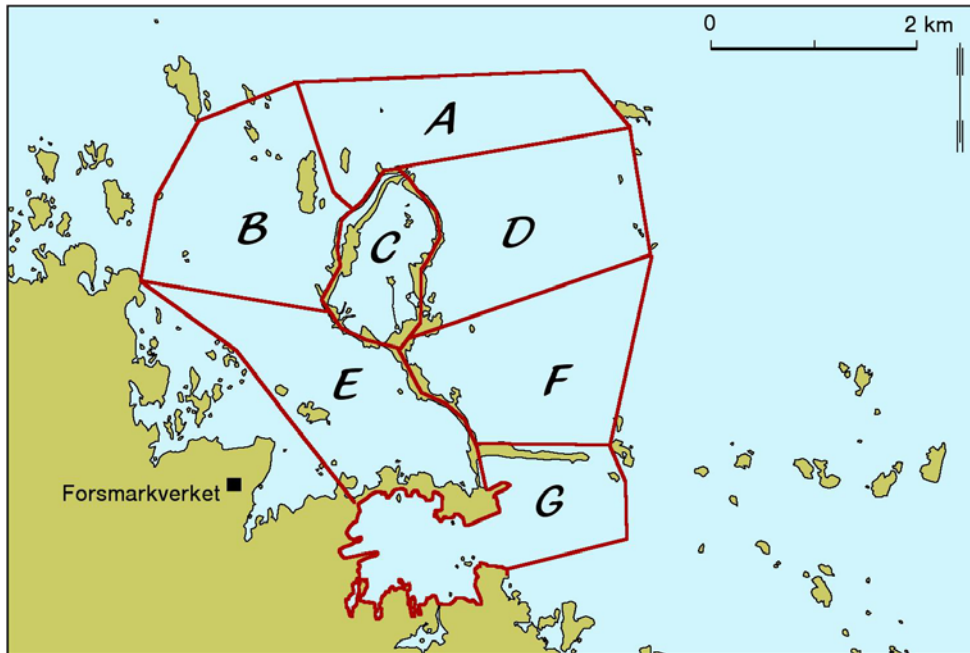
Figur 7. Provtagningssubstrat för hårdbottenfauna



Figur 8. Översikt av Forsmarksområdet med provtagningspunkter för undersökningar av mjuk- och hårbottenfauna.

### 3.3 Fågelinventeringar

Inventering av sjöfågel har utförts två gånger i månaden under hela året enligt punkttaxeringsmetoden (Naturvårdsverket 1978) där vissa utvalda arter räknas under en bestämd tid från olika observationsplatser. Inventeringsområdet har indelats i sju zoner (A–G; figur 9). De arter som studerats har delats in i olika funktionella grupper beroende på födoval. Dessa har varit växtätare (gräsand och knölsvan), bottenjämsätare (knipa och vigg), samt fiskätare (storskrake, mellanskarv och häger).



Figur 9. Inventeringsområdet för sjöfågel och dess indelning i sju zoner (A-G).

### 3.4 Temperaturövervakning

Temperaturen registreras kontinuerligt med dataloggers i en position i mitten av Biotestsjön samt i fem punkter i en gradient från innersta delen av lagunen till dess yttre del (figur 3). Från en referenspunkt i Forsmarks innerskärgård, Ön (figur 4), registreras temperaturen under den isfria perioden.





## 4 Resultat

### 4.1 Fiskundersökningar

#### 4.1.1 Silstationer

De fiskar som omkom i silstationerna under 2014 utgjordes likt tidigare år av småväxta arter som storspigg, småspigg, sandstubb och på hösten av årsyngel av bland annat strömming (tabell 1). Förlusterna av fisk i Forsmarks silstationer under 2014 beräknades till cirka 7,9 miljoner individer under vårperioden, vilket var något färre än under 2013 (11,0 miljoner individer). Under höstperioden var förlusterna 9,4 miljoner individer, vilket kan jämföras med cirka 7-8 miljoner individer per höst under 2010-2013 (tabell 1).

Den dominerande arten under provtagningarna var storspigg, som svarade för hela 95 % av alla fiskar under våren och 80 % under hösten (tabell 1). Förlusterna av storspigg har under en tioårsperiod varit ungefär i samma omfattning och utvecklingen visar på ökande förekomster sedan provtagningarna startade<sup>1</sup> (figur 10). Under höstprovtagningarna var förlusterna stora jämfört med föregående år och enligt medelvikten bestod förlusterna av unga individer.

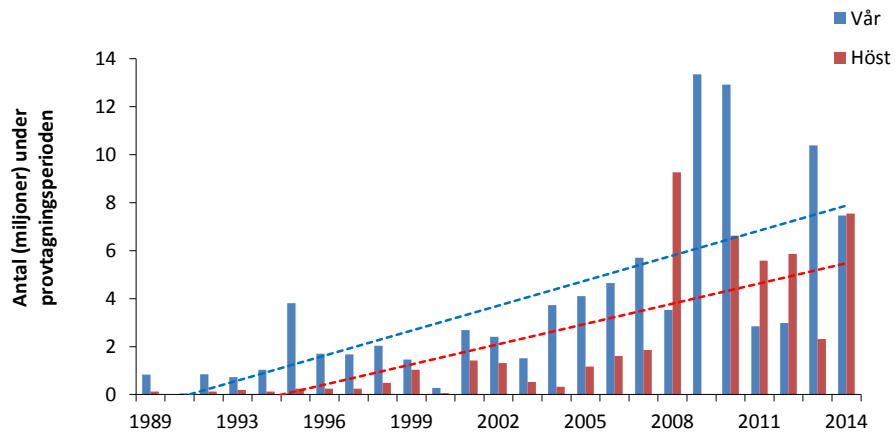
Förlusterna av ål i silstationen under höstperioden var likt 2013 små och den ökande trenden av ål som pågått sedan början av 1990-talet har stagnerat<sup>2</sup> (figur 11). Medelvikten av de ålar som fastnar i silstationen under hösten är dock fortfarande hög och inslaget av vuxen ål, så kallade blankålar, var mycket stort (figur 11). Förlusterna under vårperioden var på motsvarande nivåer som vid höstprovtagningarna och medelvikterna indikerar stor variation i storleken hos ålarna under denna period (tabell 1).

---

<sup>1</sup> Linjär regression 1987-2014,  $R^2=0,42$ ,  $p<0,001$  för våren,  $R^2=0,47$ ,  $p<0,001$  för hösten

<sup>2</sup> Linjär regression 1991-2014,  $R^2=0,24$ ,  $p=0,02$

Mest förekommande art efter storspigg under hösten var småspigg, som haft en positiv utveckling i silstationerna sedan provtagningarna inleddes (figur 12). Mängden småspigg under vårperioden var liten i jämförelse med provtagningarna på hösten (tabell 1). Under hösten 2014 var förekomsten av strömming låg i provtagningarna jämfört med tidigare år och medelvikten indikerar en dominans av årsyngel (figur 13). Förlusterna av typiska varmvattenarter som abborre, mört, gädda och gös bedöms vara relativt små 2014 i förhållande till övriga år (tabell 1).

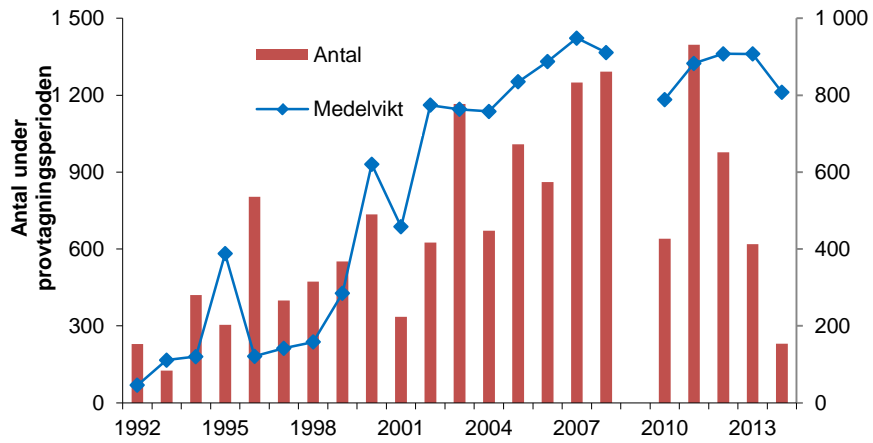


Figur 10. Förluster av storspigg i silstationerna under provtagningsperioderna. Streckad linje anger linjär trend över tid.

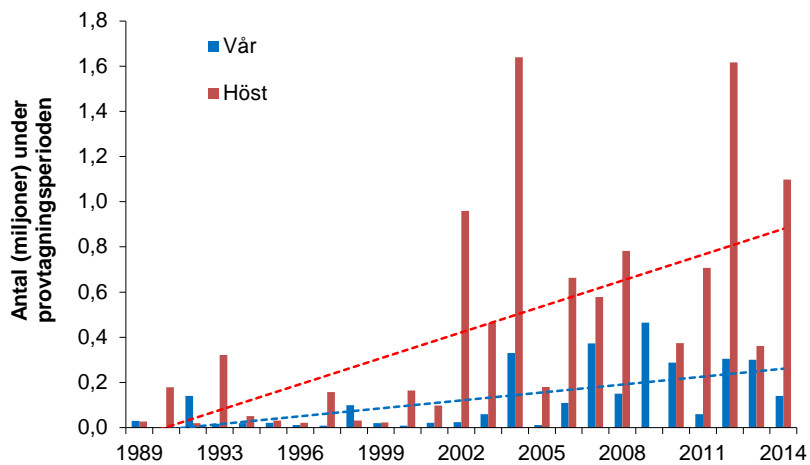


Tabell 1. Beräknade fiskförluster (antal individer) i silstationerna per art och uppdelat på vår och höst.

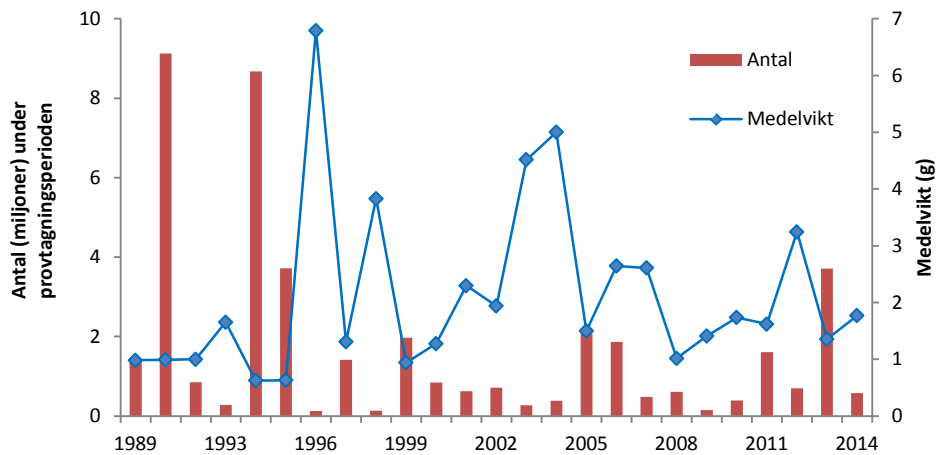
Art	Vår	Höst
Abborre	25 347	2 688
Björkna	105	1 103
Braxen	431	1 869
Flodnejonöga	116	126
Gers	1 817	410
Gädda	84	147
Gös	441	21
Mindre havsnål	16 779	65 510
Lax	0	21
Löja	36 078	39 879
Mört	22 649	8 001
Nors	21 725	3 140
Piggvar	21	32
Ruda	0	11
Ringbuk	11	0
Skarpsill	494	0
Småspigg	139 713	1 097 943
Smörbult	462	11
Storspigg	7 459 137	7 543 557
Strömming	75 044	580 451
Stubb	62 916	24 203
Sutare	0	42
Tobis	8 337	19 184
Tänglake	840	63
Tängsnälla	11	0
Tängspigg	0	0
Vimma	0	420
Ål	305	231
Summa	7 872 859	9 389 058



Figur 11. Förluster och medelvikter av ål i silstationerna under höstprovtagningsperioden.



Figur 12. Förluster av småspigg i silstationerna under provtagningsperioderna. Streckad linje anger linjär trend över tid.



Figur 13. Förluster och medelvikt av strömming i silstationerna under höstprovtagningsperioden.

#### 4.1.2 Biotestsjön

##### *Beståndsovervakning med nätprovfiske*

Under 2014 års vårprovfiske med nät fångades sammanlagt 9 979 individer av 13 olika arter samt en hybrid, sannolikt en korsning mellan mört och björkna (tabell 2). Mört var vanligast i nätfisket och svarade för 61 % av alla individer och fångsterna var rekordstora och har ökat sedan galleröppnandet 2004<sup>3</sup> (figur 14). Abborren, som svarade för relativt små fångster under 2013, förekom i stor omfattning under 2014 och uppvisar en positiv utveckling sedan galleröppningen<sup>4</sup> (figur 15). Utvecklingen för gers, sarv och björkna visar på en fortsatt positiv trend i Biotestsjön och under 2014 var fångsterna de största sedan provfisket inleddes<sup>5</sup> (figur 16-18).

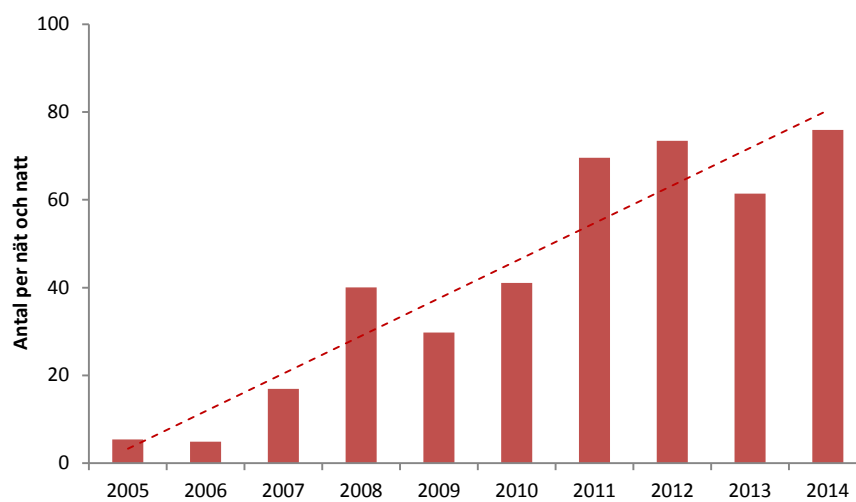
<sup>3</sup> Linjär regression 2005-2014,  $R^2=0,87$ ,  $p<0,001$

<sup>4</sup> Linjär regression 2005-2014,  $R^2=0,38$ ,  $p=0,05$

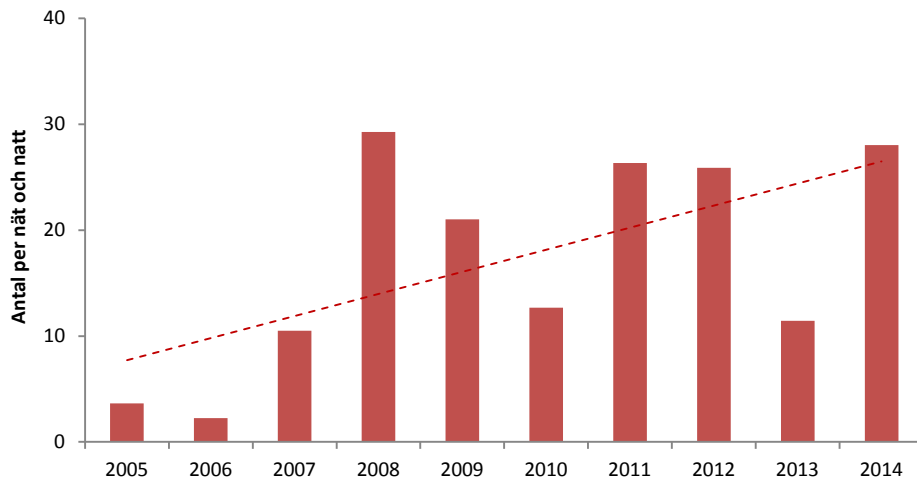
<sup>5</sup> Linjär regression 2005-2014,  $R^2=0,67$ ,  $p<0,01$  för björkna,  $R^2=0,95$ ,  $p<0,001$  för gers,  $R^2=0,61$ ,  $p<0,001$  för sarv

Tabell 2. Fångster i nätprovfiskena i Biotestsjön under vårperioden 2014.

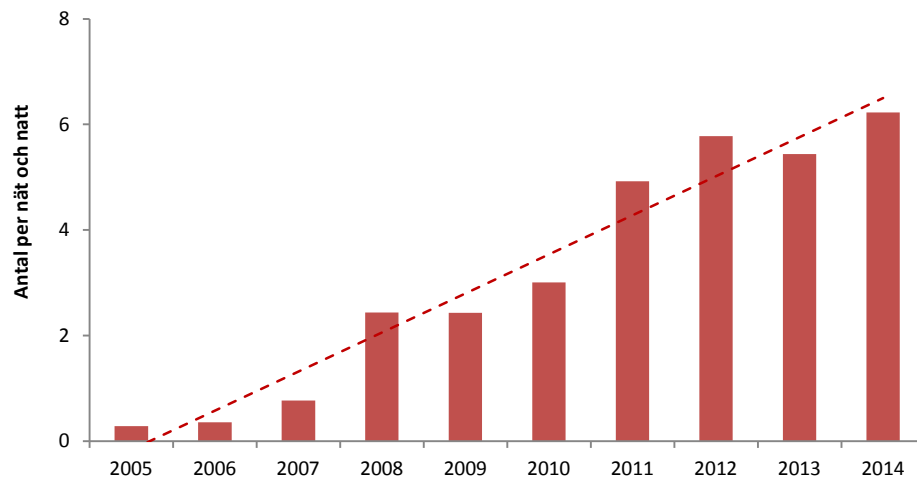
Art	Totalt	Andel (%)
Mört	6 077	60,90
Abborre	2 597	26,02
Björkna	573	5,74
Gers	498	4,99
Sarv	135	1,35
Löja	41	0,41
Gädda	27	0,27
Vimma	10	0,10
Sik	8	0,08
Id	6	0,06
Sutare	4	0,04
Braxen	1	0,01
Gös	1	0,01
Karpfisk hybrid	1	0,01
<b>Totalt</b>	<b>9 979</b>	



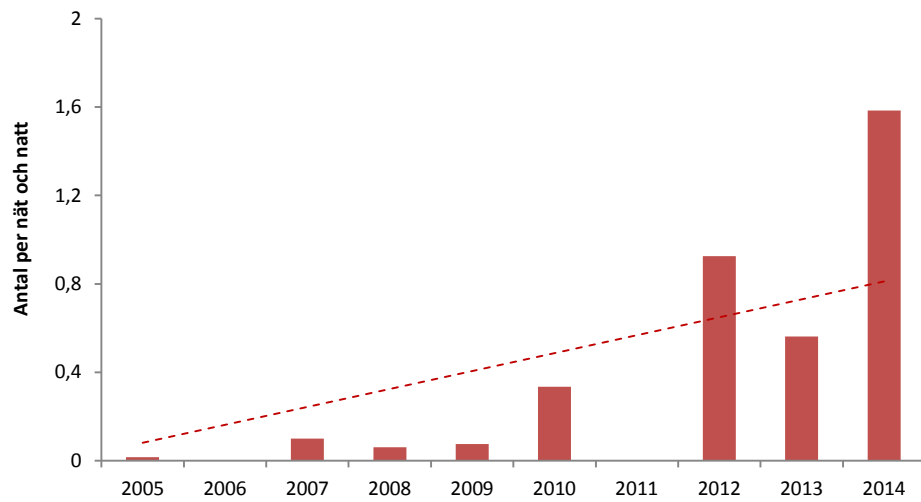
Figur 14. Fångster av mört i nätprovfiskena i Biotestsjön under våren 2005-2014. Streckad linje anger linjär trend över tid.



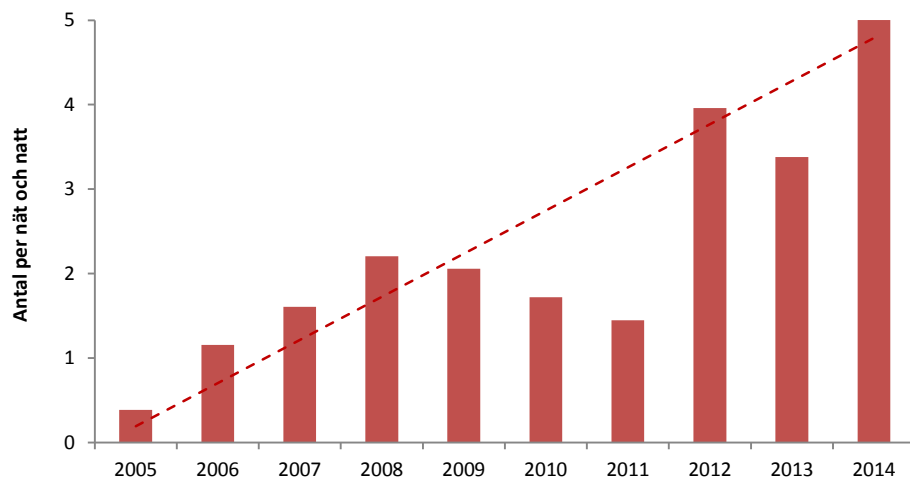
Figur 15. Fångster av abborre i nätprovfisken i Biotestsjön under våren 2005-2014. Streckad linje anger linjär trend över tid.



Figur 16. Fångster av gers i nätprovfisken i Biotestsjön under våren 2005-2014. Streckad linje anger linjär trend över tid.



Figur 17. Fångster av sarv i nätprovfisken i Biotestsjön under våren 2005-2014. Streckad linje anger linjär trend över tid.



Figur 18. Fångster av björkna i nätprovfisken i Biotestsjön under våren 2005-2014. Streckad linje anger linjär trend över tid.

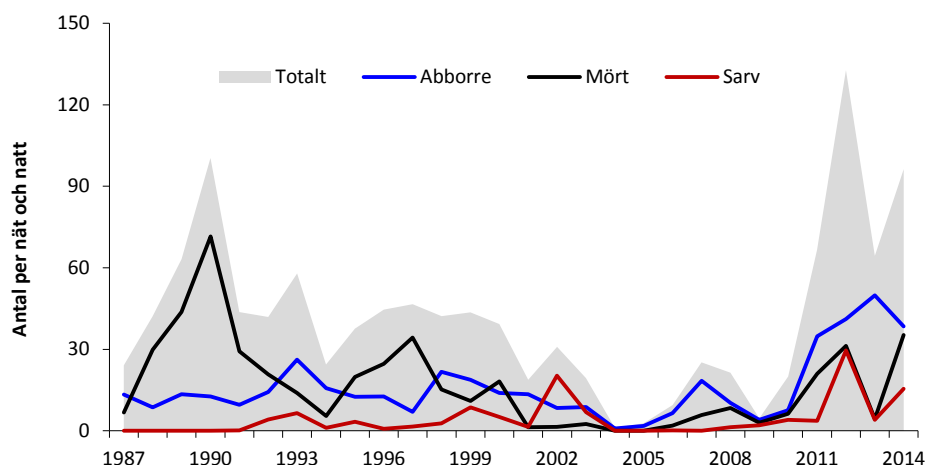
Likt de senaste åren påverkades nätfisket av störningar från ål som tuggar sönder och äter upp fisken i näten, så kallade ålbulor (Adill m.fl. 2012). Under 2014 var frekvensen av dessa störningar lägre än tidigare år och uppgick under vårfisket till cirka 270 stycken ålbulor, med högst frekvens i april och maj månad.

Prov fisket med nät i Biotestsjön under hösten fångade 2 429 individer av elva olika arter samt två stycken hybrider sannolikt mellan björkna och mört (tabell 3). Fångsterna utgjordes främst av abborre, mört och sarv, som svarade för 89 % av individerna. Dessa arter har en positiv utveckling i anläggningen sedan galleröppningen 2004<sup>6</sup> (figur 19).

Tabell 3. Fångster i nätprovfiskena i Biotestsjön under höstperioden 2014.

Art	Totalt	Andel (%)
Abborre	1 017	41,87
Mört	741	30,51
Sarv	401	16,51
Gers	176	7,25
Björkna	58	2,39
Gädda	26	1,07
Braxen	2	0,08
Id	2	0,08
Karpfisk hybrid	2	0,08
Vimma	2	0,08
Sik	1	0,04
Sutare	1	0,04
Totalt	2 429	

<sup>6</sup> Linjär regression 2005-2014,  $R^2=0,71$ ,  $p<0,01$  för abborre,  $R^2=0,53$ ,  $p<0,05$  för mört,  $R^2=0,39$ ,  $p=0,05$  för sarv



Figur 19. Fångster vid nätprovfiske i Biotestsjön under höstarna 1987-2014.

Vid höstfisket noterades, liksom under 2013, för detta fiske stora fångster av gädda i Biotestsjön (tabell 3). Nästintill alla gäddor var inom längdintervallet 30-40 cm. Under hösten fångades en gös i anläggningen, vilket inte har hänt sedan gallret avlägsnades från Biotestsjöns utlopp 2004. Av typiska kallvattenarter som sik, öring, nors eller lake fångades endast en sik under höstfisket.

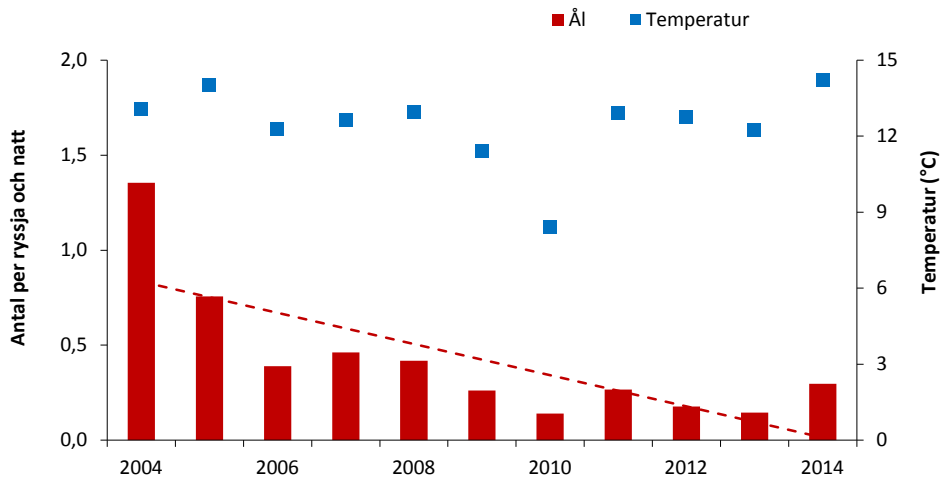
#### Beståndsövervakning med ryssjeprovfiske

Under ryssjefisket i april fångades 325 ålar (0,3 per ryssja och dygn), vilket var de största fångsterna sedan 2008. Resultaten visar dock att fångsterna av ål minskar i anläggningen sedan galleröppningen<sup>7</sup> (figur 20). Likt de senaste åren var spridningen stor hos ålarnas längder och medellängden var liksom under 2003 drygt 64 cm (figur 21). Ålarna som fångades under 2003 och 2014 var dock större jämfört med ålarna i fångsterna 1995<sup>8</sup> (figur 21).

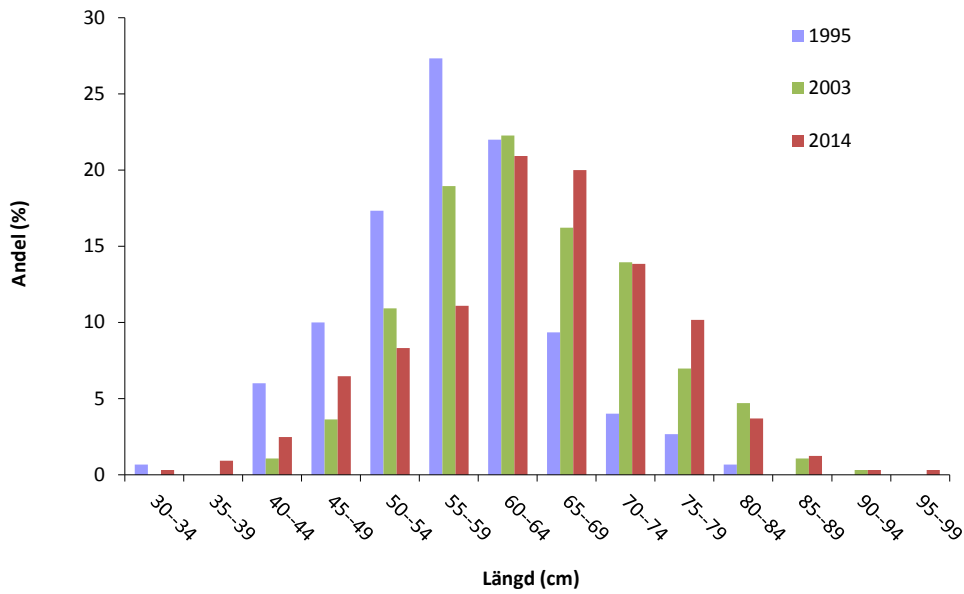
<sup>7</sup> Linjär regression 2004-2014,  $R^2=0,59$ ,  $p<0,01$

<sup>8</sup> Variansanalys Anova,  $F_{2,1134}=24,89$ ,  $p<0,01$





Figur 20. Fångster av ål vid ryssjeprovfiskena under våren samt medeltemperaturen vid fisketillfällena. Streckad linje anger linjär trend över tid.



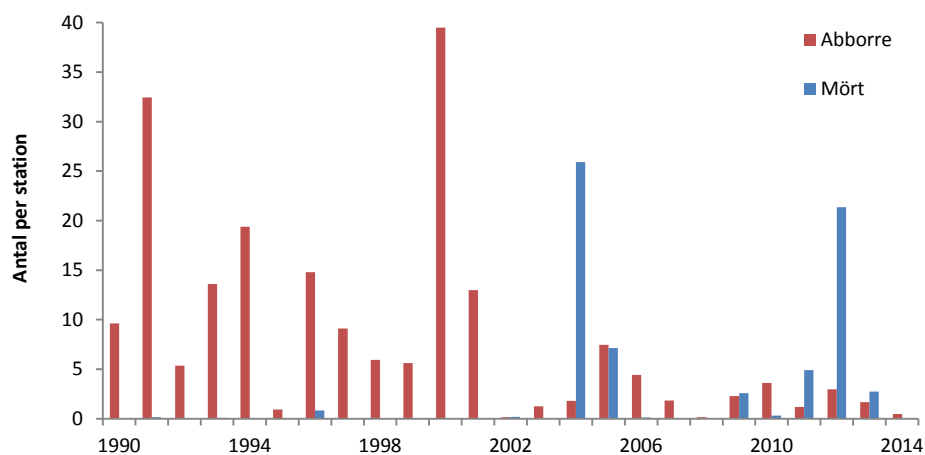
Figur 21. Längdfördelning hos ål från ryssjeprovfiskena i Biotestsjön.

*Beståndsovervakning av yngel med detonationsteknik*

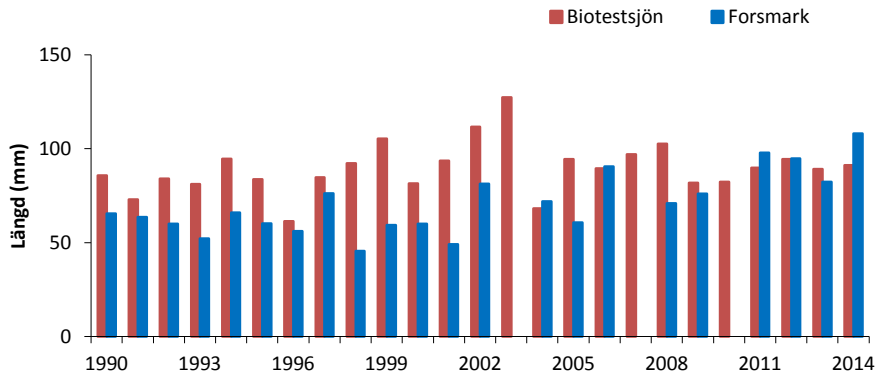
Vid yngelundersökningarna i Biotestsjön var de vanligaste årsynglen sarv (41,7 yngel per station) följt av löja (12,2 yngel per station). Dessa arter svarade för 77 % respektive 21 % av fångsterna (tabell 4). Årsyngel av abborre och mört förekom i små mängder i undersökningarna (tabell 4; figur 22). Medellängden av abborrynglen i Biotestsjön var 91 mm (figur 23).

Tabell 4. Fångster i detonationsprovfisken i Biotestsjön under hösten 2014.

Art	Antal	Andel %	Per station
Sarv	1251	77,4	41,70
Löja	333	20,6	11,10
Abborre	14	0,9	0,47
Braxen/Björkna	9	0,6	0,30
Gädda	4	0,2	0,13
Gers	2	0,1	0,07
Mört	2	0,1	0,07
Storspigg	1	0,1	0,03
Totalt	1616		



Figur 22. Fångster vid yngelundersökningar i Biotestsjön under höstarna 1990-2014.



Figur 23. Längd hos abborryngel i Biotestsjön och Forsmark (under 2014 baseras resultatet från Forsmark på endast en individ).

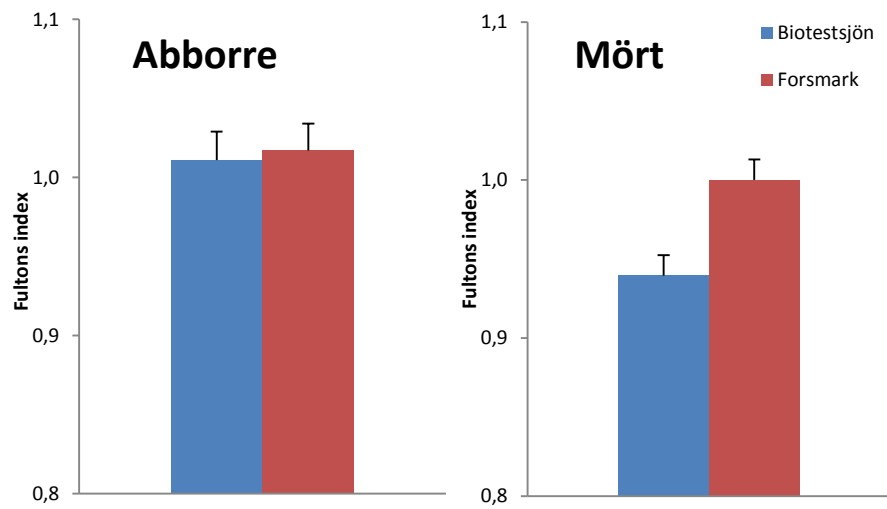
#### *Kontroll av kondition och gonadstatus hos abborre och mört*

För kontroll av kondition och gonadstatus i Biotestsjön provtogs 100 honor av abborre och 100 honor av mört. Som referensmaterial provtogs samma antal individer av abborre och mört från Forsmarks innerskärgård. Bland undersökta abborrar i Biotestsjön och i Forsmark påträffades inga med gonadskador. Vid kontrollen av mört påträffades två individer med missbildade gonader, en från Biotestsjön och en från Forsmarks innerskärgård.

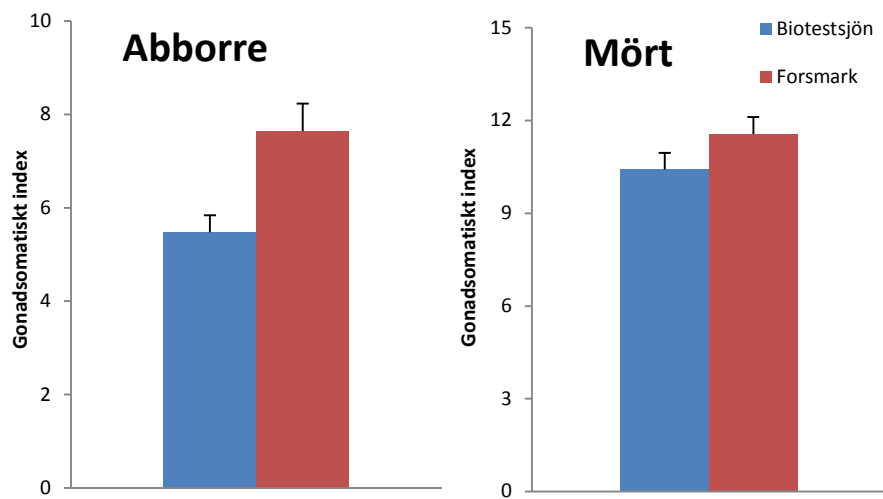
Det fanns ingen skillnad i kondition mellan abborrar i Biotestsjön och i Forsmarks innerskärgård (figur 24). För mört däremot var konditionen lägre hos individer i Biotestsjön jämfört med mörtar utanför anläggningen<sup>9</sup> (figur 24). Vid jämförelser av gonadosomatiskt index (GSI) hos abborre och mört i Biotestsjön och i Forsmarks innerskärgård fanns skillnader mellan de olika områdena. För både abborre och mört med gonader under tillväxt (gonadstatus 2) var GSI högre hos individer i Forsmarksområdet jämfört med Biotestsjön<sup>10</sup> (figur 25).

<sup>9</sup> Variansanalys Anova,  $F_{1,199}=15,05$ ,  $p<0,01$

<sup>10</sup> Variansanalys Anova,  $F_{1,93}=9,53$ ,  $p<0,01$  för abborre,  $F_{1,194}=8,55$ ,  $p<0,01$  för mört



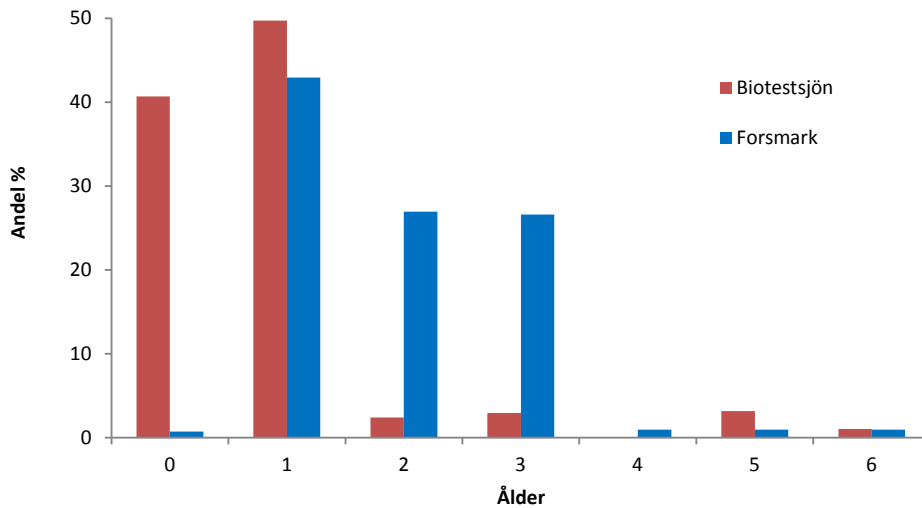
Figur 24. Kondition hos abborre och mört i Biotestsjön och Forsmark. Felstaplar anger 95 % konfidensintervall.



Figur 25. Gonadosmatiskt index hos abborre och mört i Biotestsjön och Forsmark under hösten 2014. Felstaplar anger 95 % konfidensintervall.

### Kontroll av ålder och tillväxt

Ålder och tillväxt undersöktes hos 100 abborrhonor från Biotestsjön. Resultatet visade att 90 % av abborrhonorna som fångades under provfisket var årsyngel eller ett år gamla. I referensområdet i Forsmarks skärgård var ett- till treåringar vanligast i fångsterna (figur 26). De äldsta individerna från Biotestsjön och Forsmark var sex år gamla (figur 26). Analyserna av tillväxt hos abborre visade, liksom under 2013, på höga tillväxthastigheter. Medellängden för årsyngel i detta fiske var 154 millimeter under 2014 och det största abborrynglet var 176 millimeter. I proverna från Forsmark fanns bara en abborre som var född 2014 och den var 128 millimeter lång.



Figur 26. Ålder hos abborrhonor i fångsterna i oktober från Biotestsjön och Forsmark 2014.

### Kontroll av sjukdomar, skador och parasitering

Vid fiskundersökningarna i Biotestsjön påträffades under 2014 fyra individer med yttre sjukdomssymtom. I fångsterna från nätfiskena påträffades en vimma med ögonskada, en mört med ryggradskrökning och två ålar med mekaniska skador. Av karpfiskarna (bland annat mört och björkna) var cirka 10 % parasiterade av digena trematoder (svarta fläcksjukan; Thulin 1989) och andelen drabbade fiskar var mindre än föregående år.

## 4.1.3 Öregrundsgrepen och Finbofjärden

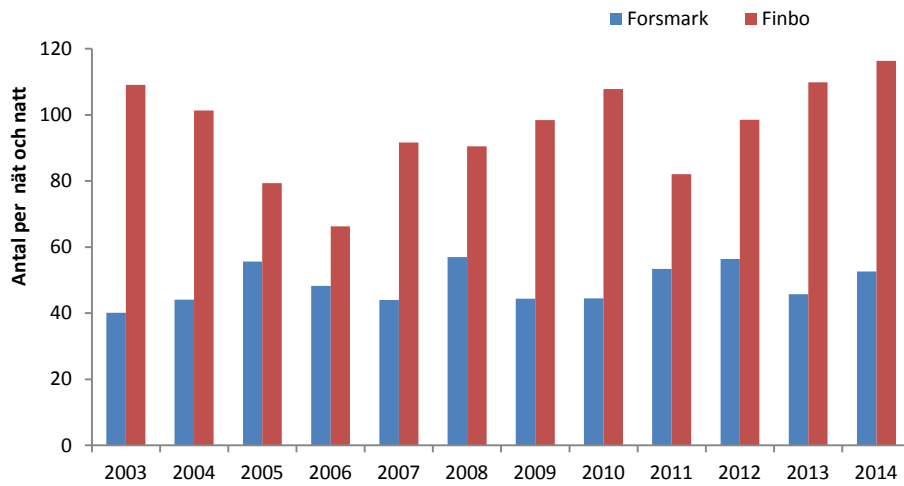
*Beståndsövervakning med nätprovfiske*

I provfisket med Nordiska kustöversiktsnät i Forsmark fångades 2 176 individer av 14 olika arter. Abborre var vanligast med 67 % av individerna i fångsten (tabell 5). Fångsterna i provfisket visar på små mellanårsvariationer och nivåerna har varit stabila sedan provtagningarna inleddes 2003 (figur 27). Utvecklingen för fångsterna av gers i provfisket visade på en fortsatt positiv trend för arten i Forsmark<sup>11</sup> (figur 28). Fångsterna av mört var de lägsta sedan provfisket inleddes 2003 och det finns en tendens till minskade förekomster i Forsmark innerskärgård<sup>12</sup>. Andelen cyprinider (mört, löja, björkna, vimma, braxen och id) i provfisket under 2014 var mycket lågt och uppgick endast till 5 % av fångsterna. Denna familj som helhet uppvisar en negativ utveckling i provfiskeområdet<sup>13</sup> (figur 29). Trenden i Forsmark med ökande fångster av stor abborre ( $\geq 25$  cm) fortsatte även 2014<sup>14</sup> (figur 30).

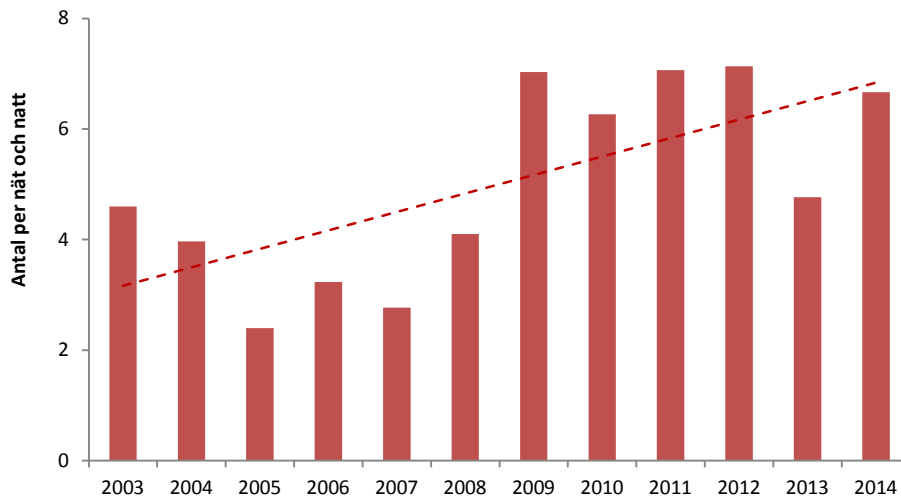
Tabell 5. Fångster i fisken med Nordiska kustöversiktsnät i Forsmark under 2014.

Art	Totalt	Andel (%)
Abborre	1 455	66,9
Gers	328	15,1
Strömming	268	12,3
Mört	80	3,7
Löja	18	0,8
Björkna	8	0,4
Storspigg	6	0,3
Tånglake	4	0,2
Sik	3	0,1
Vimma	2	0,1
Braxen	1	0,1
Gös	1	0,1
Id	1	0,1
Svart smörbult	1	0,1
Totalt	2 176	

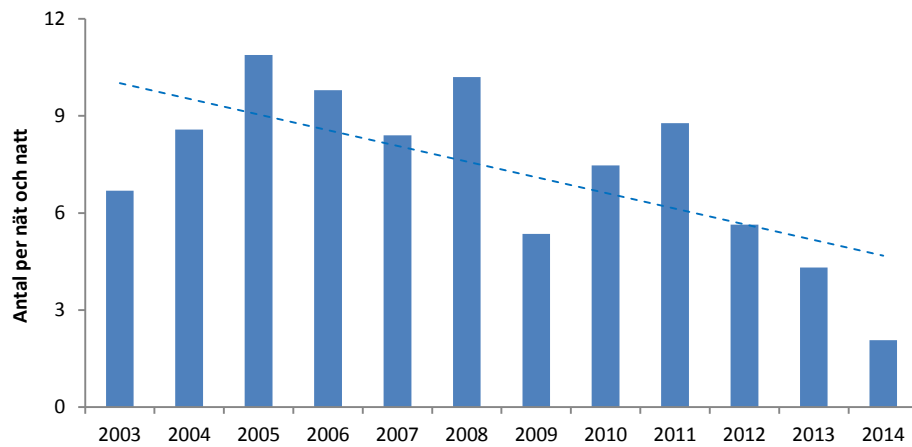
<sup>11</sup> Linjär regression 2003-2014,  $R^2=0,47$ ,  $p<0,05$ <sup>12</sup> Linjär regression 2003-2014,  $R^2=0,22$ ,  $p=0,13$ <sup>13</sup> Linjär regression 2003-2014,  $R^2=0,44$ ,  $p<=0,05$ <sup>14</sup> Linjär regression 2003-2014,  $R^2=0,80$ ,  $p<0,001$



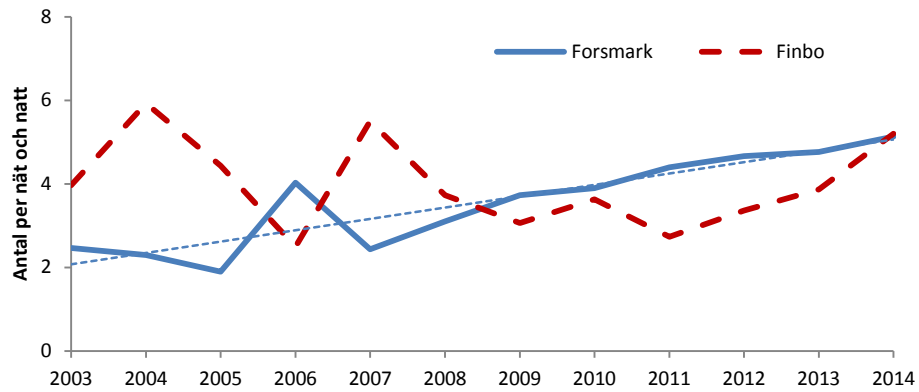
Figur 27. Fångster av samtliga arter per nät och natt vid provfiske med Nordiska kustöversiktsnät i Forsmark och Finbofjärden 2003-2014.



Figur 28. Fångst av gers per nät och natt vid provfiske med Nordiska kustöversiktsnät i Forsmark 2003-2014. Streckad linje anger linjär trend över tid.



Figur 29. Fångst av cyprinider (mört, löja, björkna, vimma, braxen och id) per nät och natt vid provfiske med Nordiska kustöversiktsnät i Forsmark 2003-2014. Streckad linje anger linjär trend över tid.



Figur 30. Fångster av abborre större än 25 cm vid provfiske med Nordiska kustöversiktsnät i Forsmark och Finbofjärden 2003-2014. Streckad linje anger linjär trend över tid.

Vid provfisket med Nordiska kustöversiktsnät i referensområdet Finbofjärden fångades 4 231 individer av 14 olika arter (tabell 6). Mest förekommande i provfisket var abborre och mört som utgjorde 73 % av fiskarna i fångsterna (tabell 6). Likt de föregående åren fångades fler fiskar i Finbofjärden än i Forsmark<sup>15</sup> (figur 27).

<sup>15</sup> Variansanalys Anova,  $F_{1,23}=121,77$ ,  $p<0,01$

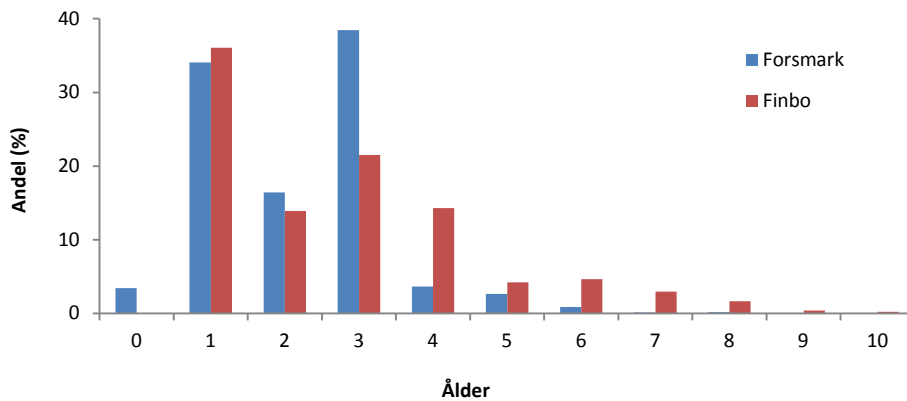


Tabell 6. Fångster vid provfiske med Nordiska kustöversiktsnät i Finbofjärden under 2014.

Art	Totalt	Andel %
Abborre	2 168	51,2
Mört	914	21,6
Strömming	344	8,1
Gers	298	7,0
Björkna	247	5,8
Löja	114	2,7
Braxen	83	2,0
Gös	24	0,6
Nors	14	0,3
Hornsimpa	10	0,2
Skarpsill	8	0,2
Skrubbskädda	3	0,1
Gädda	2	0,1
Sik	2	0,1
Totalt	4 231	

#### Kontroll av ålder och tillväxt

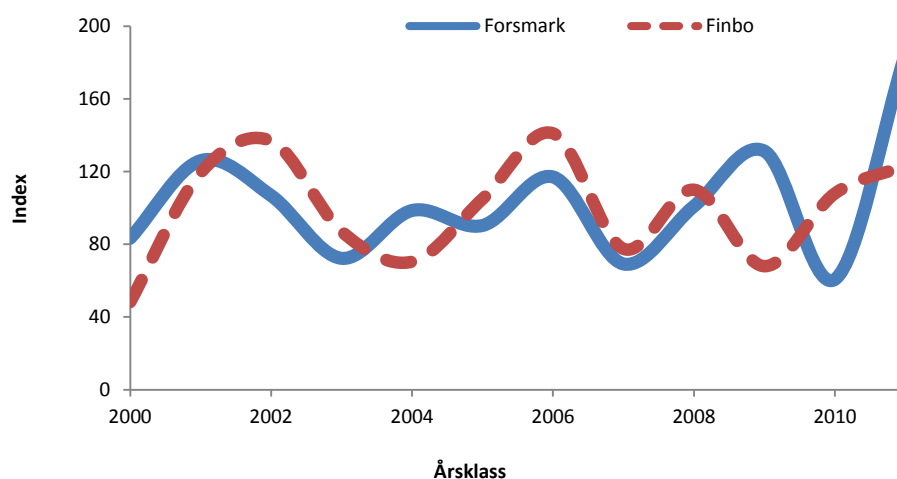
Fångsten av abborre i Forsmark under augusti bestod främst av unga individer, 92 % av abborrarna var tre år eller yngre (figur 31). Under 2014 fångades liksom 2013 ett relativt stort antal årsyngel i Forsmark, vilket inte förekom vid nätfiskena i Finbofjärden. I Finbofjärden fångades främst individer i åldrarna ett till fyra år (figur 31).



Figur 31. Fångst per ålder av abborre i Forsmark och Finbofjärden 2014.

Analyserna av årsklasstyrka hos abborre i Forsmark och Finbofjärden visar på en samvariation mellan områdena från år 2000 fram till 2008, därefter bryts mönstret<sup>16</sup> (figur 32). De starkaste årsklasserna föddes 2001, 2002 och 2006. År 2009 och 2011 visar på starka årskullar av abborre i Forsmarksområdet (figur 32).

Vid arbetet med ålders- och tillväxtanalyserna av abborrarna från Forsmark påträffades individer med stor variation i tillväxt mellan olika år. Den höga tillväxten under vissa år hos dessa abborrar påminde om tillväxtmönstret hos abborrar från Biotestsjön.



Figur 32. Relativ årsklasstyrka (modifierad Svårdson) för abborre i Forsmark och Finbofjärden.

#### Beståndsövervakning med detonationsteknik

Vid yngel- och småfiskundersökningar i Forsmark 2014 fångades sammanlagt 416 årsyngel av sex olika arter (tabell 7). Den vanligaste arten var storspigg, som utgjorde 59 % av fångsterna. Under provtagningarna fångades endast ett årsyngel av abborre och mört saknades helt i undersökningarna (tabell 7).

<sup>16</sup> Pearsons korrelationskoefficient,  $r=0,05$ ,  $p=0,23$  för åren 2000-2011,  $r=0,41$ ,  $p=0,04$  för åren 2000-2008

Tabell 7. Fångster av yngel vid detonationsfisken i Forsmark 2014.

	Antal	Andel %	Per station
Storspigg	245	58,9	8,17
Strömning	84	20,2	2,80
Elritsa	60	14,4	2,00
Sandstubb	23	5,5	0,77
Småspigg	3	0,7	0,10
Abborre	1	0,2	0,03
<b>Totalt</b>	<b>416</b>		

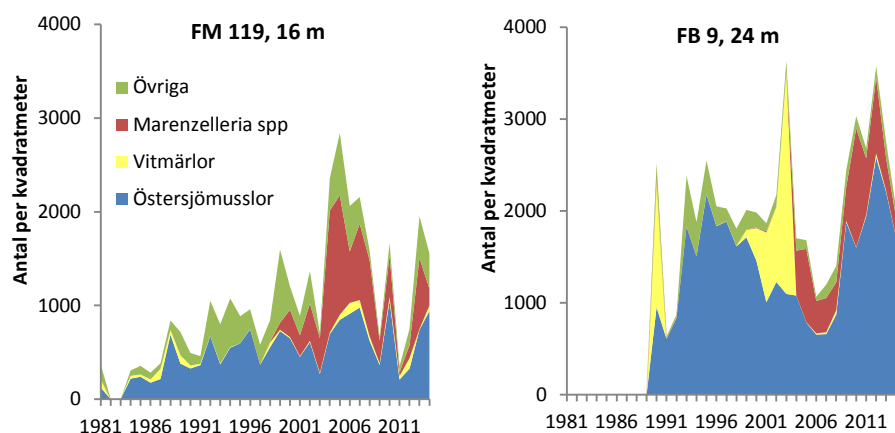
#### *Kontroll av sjukdomar, skador och parasitering*

Vid fiskundersökningarna i Forsmark påträffades inga individer med sjukdomar. I referensfisket i Finbofjärden påträffades en individ med sjukdomssymtom, en gös som drabbats av akut fenröta (orsakad av bakterier; Thulin 1989).

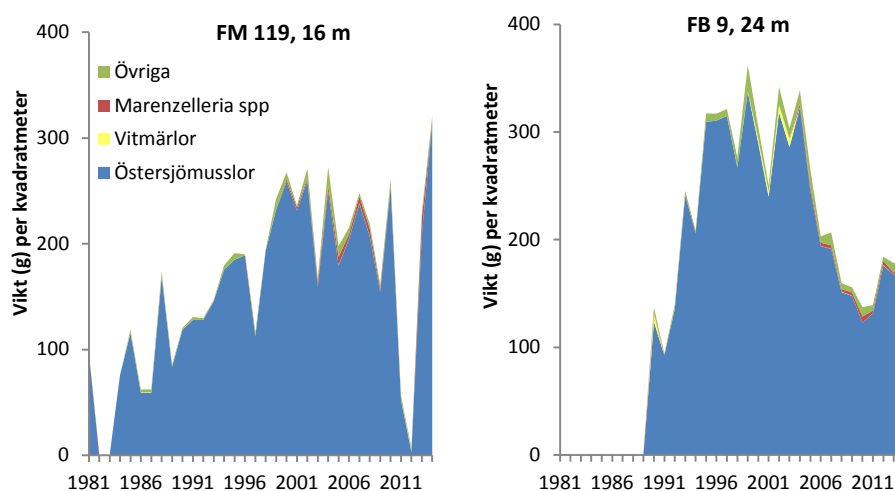
## 4.2 Bottenfauna

Provtagningen vid den medeldjupa stationen FM 119 i Forsmarksområdet visar att bottenfaunasamhället återhämtat sig efter att ha varit i det närmaste utslaget på grund av undervattensarbetet 2011, då likströmskabeln Fenno-Skan 2 grävdes ner i provtagningsområdet. Både antalet djur per kvadratmeter och biomassa har sedan 2011 återgått till normala nivåer (figur 33 och 34). Den medeldjupa referensstationen i Finbofjärden FB 9 visar stabila värden och små mellanårsvariationer gällande biomassor. Det finns en tendens till minskad förekomst av havsborstmasken *Marenzelleria spp* under de senaste årens provtagning på de medeldjupa stationerna<sup>17</sup>.

<sup>17</sup> Linjär regression,  $R^2=0,55$ ,  $p<0,001$  för Forsmark (2004-2014),  $R^2=0,81$ ,  $p<0,05$  för Finbo (2010-2014)

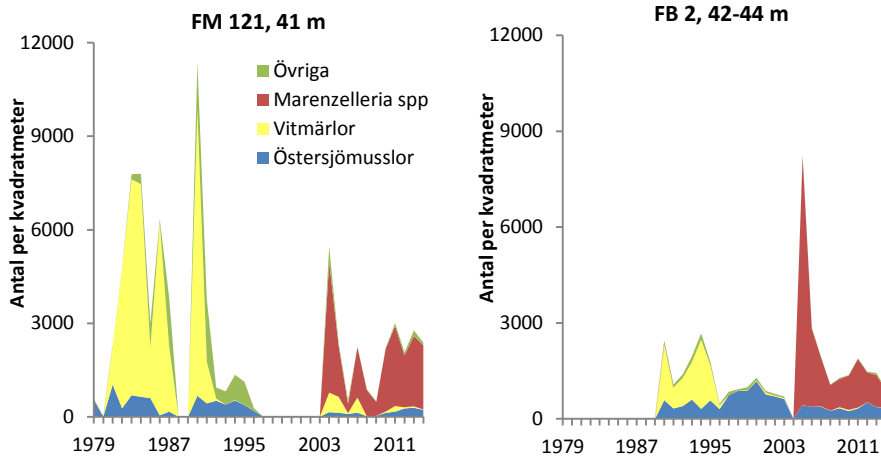


Figur 33. Bottendjurens individantal per kvadratmeter i Forsmarksområdet (Station FM 119, Länsman) åren 1981-2014 (data saknas för 1982-1983), samt vid referensstationen i Finbofjärden (FB 9, 24m) åren 1990-2014. Data är från våren. I figurerna visas tre vanligaste arterna totalt sett.

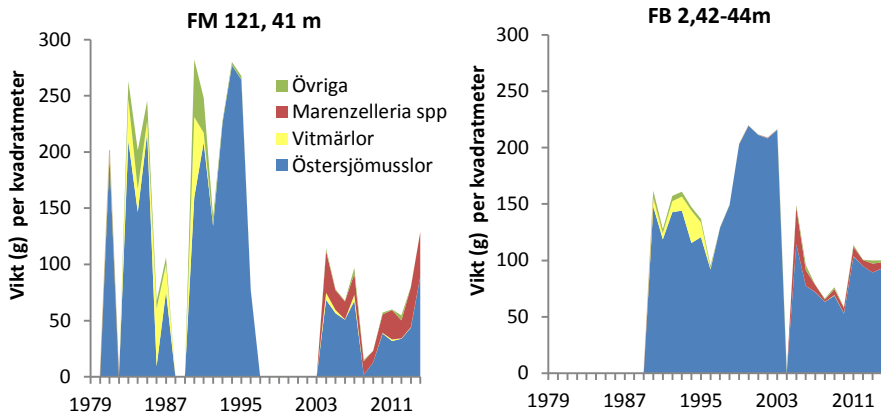


Figur 34. Bottendjurens biomassa (gram per kvadratmeter) i Forsmarksområdet (Station FM 119, Länsman) åren 1981-2014 (data saknas för 1982-1983), samt vid referensstationen i Finbofjärden (FB 9, 24m) åren 1990-2014. Data är från våren. I figurerna visas de tre vanligaste arterna totalt sett.

De djupa bottenfaunastationerna ligger på 41-44 m djup och består av gytjtig ackumulationsbotten. Station Engelska Grundet (FM 121) i Öregrundsgrepen är inte direkt berörd av kylvattnet. Resultaten visar på små variationer gällande bottendjurens individtätheter och biomassor under de senaste åren, både i Forsmark och på referensstationen i Finbofjärden (FB 2; figur 35 och 36).



Figur 35. Bottendjurens individantal per kvadratmeter i Forsmarksområdet (Station FM 121, Engelska grundet) åren 1981-2014 (data saknas för 1982-1983 och för 1997-2003), samt vid referensstationen i Finbofjärden (FB 2) åren 1990-2014. Data är från våren. I figurerna visas tre vanligaste arterna totalt sett.



Figur 36. Bottendjurens biomassa (gram per kvadratmeter) i Forsmarksområdet (Station FM 121, Engelska grundet) åren 1981-2014 (data saknas för 1982-1983 och för 1997-2003), samt vid referensstationen i Finbofjärden (FB 2) åren 1990-2014. Data är från våren. I figurerna visas tre vanligaste arterna totalt sett.

### 4.3 Fågelinventeringar

Under 2014 års fågelstudier i Forsmark gjordes totalt 47 945 observationer vid 24 tillfällen av de prioriterade arterna inom kontrollprogrammet (tabell 8). Mest fågel av de arter som ingår i kontrollprogrammet återfanns i Biotestsjön (område C) där drygt 18 000 individer observerades (tabell 8).

Tabell 8. Sammanlagda fågelförekomster (24 tillfällen) för prioriterade arter inom fågelinventeringarna i områdena A-G i Forsmark under 2014.

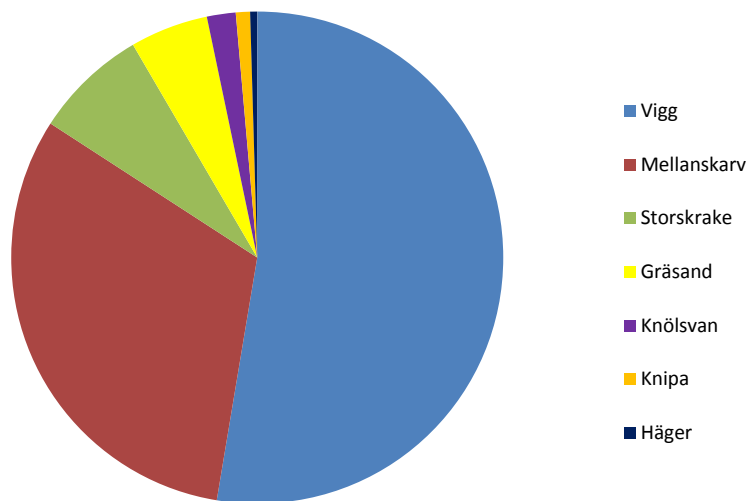
2014	A	B	C	D	E	F	G	Totalt
Gräsand	63	120	947	213	78	189	276	1886
Häger	0	4	85	15	11	12	21	148
Knipa	843	2311	172	391	1296	1302	2131	8446
Knölsvan	81	44	346	102	106	210	386	1275
Mellanskarv	825	296	5802	1825	234	1956	626	11564
Storskrake	160	234	1368	215	632	516	662	3787
Vigg	90	985	9687	952	4406	1325	3394	20839
Totalt	2062	3994	18407	3713	6763	5510	7496	47945

De mest förekommande fågelarterna i Biotestsjön under 2014 var vigg och mellanskarv, som tillsammans utgjorde 84 procent av alla observationer (tabell 8; figur 37). Mellanskarven har de senaste åren uppvisat en positiv utveckling i Biotestsjön och under 2014 noterades de högsta tätheterna sedan undersökningarna inleddes 2002<sup>18</sup> (figur 38). För första gången noterades att mellanskarven genomförde lyckade häckningar inne i Biotestsjön. Under 2013 häckade arten i anläggningen, men inga ungar överlevde.

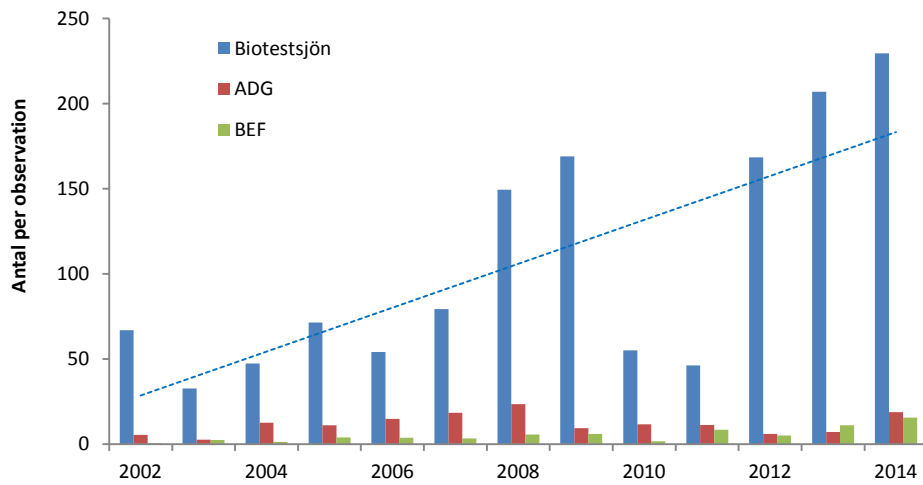
Den vanligaste arten i Biotestsjön och i områdena utanför anläggningen under 2014 var vigg (figur 37 och 40). Förekomsten av vigg i de olika delområdena uppvisar relativt små variationer mellan år, dock finns en positiv utvecklingen för arten i områdena A, D och G<sup>19</sup> (figur 39).

<sup>18</sup> Linjär regression 2002-2014,  $R^2=0,53$ ,  $p<0,01$

<sup>19</sup> Linjär regression 2002-2014,  $R^2=0,54$ ,  $p<0,01$



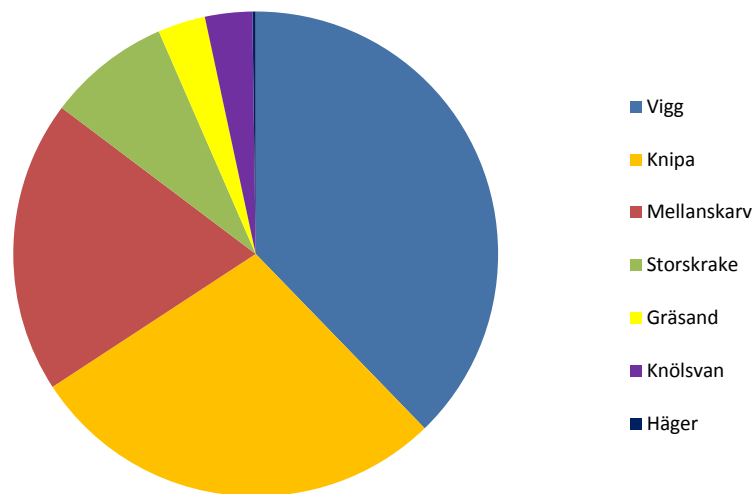
Figur 37. Relativ artfördelning vid fågelobservationer i Biotestsjön under 2014.



Figur 38. Observationer av mellanskarv i de olika delområdena. ADG är kylvattenspåverkade områden och BEF påverkas inte av kylvatten. Streckad linje anger linjär trend över tid.



Figur 39. Observationer av vigg i de olika delområdena. ADG är kylvattenspåverkade områden och BEF påverkas inte av kylvatten. Streckad linje anger linjär trend över tid.



Figur 40. Relativ artfördelning vid fågelobservationer i områdena utanför Biotestsjön under 2014.



## 5 Diskussion

Undersökningarna i kraftverkets silstationer under 2014 visade att förlusterna av fisk var i nivå med de närmast föregående åren och att andelen småväxta fiskarter var stor. Förlusterna av storspigg i kylvattenintaget var återigen omfattande och resultaten indikerar på höga tätheter av storspigg i Forsmarksområdet. Fiskprovtagningarna i kylvattenintaget, tillsammans med andra genomförda undersökningar i Bottenhavet (bland annat Baltic International Acoustic Survey), ger en tydlig bild av hur storspiggsbeståndet har utvecklats i både utsjön och i kustnära områden. Under den senaste tioårsperioden har bestånden ökat markant och stora mängder storspigg förekommer pelagiskt i Bottenhavet samt längs kusterna i samband med reproduktionen. Under storspiggens lekperiod, som infaller under vårperioden i samband med fiskundersökningarna i silstationen, påvisade medelvikterna och längdfördelningarna i provtagningarna att andelen lekmogna individer var stor. Under hösten däremot var andelen små individer dominerande och medelvikterna visade att antalet årsyngel var omfattande. Detta kan tolkas som att reproduktionen av storspigg i Forsmarksområdet varit lyckad under 2014, vilket även kunde konstateras i yngelundersökningarna, där årsyngel av storspigg fångades i stort antal.

Ett negativt samband mellan förekomsten av årsyngel av abborre och beståndsstorlek hos storspigg har kunnat påvisas i andra studier (Ljunggren m.fl. 2005; Eriksson m.fl. 2009). Stora tätheter av storspigg kan ge konsekvenser för abborrebestånden genom ökad predation av abborrens rom och larver eller ökad konkurrens av födoresurserna för uppväxande abborre. Detta har dock inte syns inom i undersökningarna i kontrollprogrammet, trots att det funnits indikationer. Förekomsten av abborre i yngelundersökningarna har under flera år visat en negativ utveckling och antal årsyngel har varit på mycket låga nivåer jämfört med under början av 1990-talet. Trots detta finns inga tecken på vikande trender av vuxen abborre i nätprovfiskena i Forsmarks skärgård, som under många år har visat på stora tätheter. Andra undersökningar som har genomförts i närområdet av Fors-

mark, både strax söder och norr om kraftverket, har även de visat på låga förekomster av abborryngel under 2000-talet (Persson m.fl. 2010). Det har dock förekommit perioder då tätheterna av årsyngel varit stora, både i dessa provtagningar och i yngelundersökningar inom kontrollprogrammet. Dessa år har det funnits en generell trend längs hela Sveriges kuster att rekryteringen varit god, vilket förklarats med att omgivningsfaktorer som födotillgång och omgivande temperatur varit extra gynnsamma för abborrlarverna under kläckningsperioden (Adill m.fl. 2012).

Utvecklingen för förlusterna av ål i silstationerna har sedan 1990-talet visat på ökande omfattning och andelen köns mogna ålar, så kallade blankålar, har successivt ökat. Under de senaste två åren har dock trenden vänt och under 2014 var förekomsten av ål i kylvattenintaget den minsta på tjugo år. Utvecklingen av ålförlusterna i kylvattenintaget kan sannolikt kopplas samman med massiva utsättningar av glasål i Biotestsjön 1989, då 500 000 individer sattes ut i anläggningen (Karås m.fl. 2010). I samband med utsättningarna förekom sannolikt en stor spridning av dessa ålar till omgivande vatten i Forsmarks skärgård och slutligen har en del av ålarna fastnat i silstationerna. Den höga medelvikten hos ålarna under de senaste åren indikerar att huvuddelen av fångsterna består av köns mognen ål, blankål, som är på vandring mot lekplatserna i Sargassohavet. Eftersom ålarna från utsättningarna har uppnått en ålder av 25 år borde de flesta individer ha nått storlek och ålder för köns mognad (Muus 1997). De senaste två årens resultat med små förluster av ål i silstationerna kan möjligen visa på att de utplanterade ålarna från 1989 nu försvunnit från Forsmarksområdet och därmed borde förlusterna i silstationen minska. Detta resonemang styrks av att provfiskena i Biotestsjön visat minskade fångster i ryssjefisket och dessutom av att störningarna i nätfiskena av så kallade ålbulor har minskat under de senaste åren.

Nätprovfiskena i Biotestsjön under 2014 visade att anläggningen har en betydande dragningskraft för många fiskarter i Forsmarksområdet. Under våren har Biotestsjöns varma vatten attraherat många av de fiskarter som har sin reproduktionsperiod under denna tid på året. Abborre, mört, sarv, gers och björkna uppvisar alla en ökande trend i undersökningarna och omfattningen av lekvandringarna till Biotestsjön har ökat sedan fiskgallret avlägsnades från utloppet 2004. Storleken av nätfångsterna under 2014 var i den omfattningen att näten många gånger inte kunde fånga mer fisk. Den stora lekbiomassan av abborre och mört i Biotestsjön har dock inte medfört några ökade förekomster av yngel i anläggningen under hösten. Vid yngelprovtagningarna var tätheterna av abborre och mört mycket låga och frågetecken finns om rekryteringen fungerar som den ska i anläggningen. Dålig äggkvalitet och en hög dödlighet hos tidiga livsstadiet har bland annat observerats tidigare hos abborre i kylvattenrecipienten vid Oskarshamnsverket (Sandström m.fl. 1997). Vid de okulära kontrollerna av gonaderna hos abborre och mört under året kunde dock inga skador påträffas som kan förklara en försämrad rekryterings-

framgång. Skillnader i gonadsomatiskt index (GSI), d v s storleken på gonaderna relativt till fiskens storlek, fanns dock mellan abborre och mört i Biotestsjön jämfört med individer i Forsmarks skärgård. De lägre värdena av GSI för individer i Biotestsjön kan möjligen påverka rekryteringen negativt. Stora fångster av extremt storvuxen årgammal abborre i provfisket med nät på hösten talar dock emot en svag rekrytering i Biotestsjön.

Den art som förekom mest frekvent i yngelundersökningarna under 2014 var karpfiskens sarv, som fanns i stora tätheter under hösten. Förekomsten av sarv har ökat i Biotestsjön under senaste åren och föryngringen tycks vara framgångsrik.

Under nätprovfisket på hösten fångades liksom de senaste åren stora mängder abborre i Biotestsjön. Majoriteten av abborrarna var enligt åldersanalyserna årsyngel eller ett år gamla individer. Den registrerade tillväxten hos abborrarna i anläggningen var extremt snabb och årsynglen uppnådde längder uppemot 17 centimeter. Att andelen ung fisk utgör stor andel av abborrfångsterna bör tyda på att Biotestsjön kan vara en fungerande lokal för reproduktion, trots de låga tätheterna vid yngelundersökningarna. Storleken hos abborrarna indikerar att förhållandena, i första hand temperatur och födotillgång, är idealiska för ung fisk vilket möjliggör en snabb tillväxt. Att det däremot är låga tätheter av äldre fisk i anläggningen kan tyda på att förhållandena med höga temperaturer blir för extrema under sommar-månaderna och de äldre individerna skyr området och lämnar Biotestsjön tidigare på året.

De låga tätheterna av abborryngel i Biotestsjön vid detonationsfiskena under de senaste åren kan möjligen ha ett samband med abborrarnas extremt snabba tillväxt i anläggningen. Den effektiva fångstyten vid provtagningarna med undervattensdetonationer varierar både mellan olika fiskarter och med fiskens kroppstorlek (Bergström m.fl. manuskript). Fångstradien, d v s vilket avstånd från sprängladdningen som fiskar kan fångas, ökar med minskande kroppstorlek hos fisken. Genom beräkningar har det bland annat visats att fångstyten blir cirka 30 procent större för abborrar med storleken 70 millimeter jämfört med individer på 110 millimeter (Bergström m.fl. manuskript). Fångstbarheten av stora yngel påverkas sannolikt även negativt eftersom de är mer utvecklade än mindre individer och har större möjligheter att upptäcka faror (båt och personal) och fly platsen när provtagning sker. Med avseende på abborrarnas tillväxt i anläggningen, som tycks ha ökat sedan 1990-talet, finns en osäkerhet om de största individerna av abborrynglen fångas i undersökningarna. Mot bakgrund av längdfördelningarna hos abborrynglen i provtagningarna förefaller det som om risken är stor att de största individerna saknas i undersökningarna. Genom beräkningar av tillväxten för abborryngel i Biotestsjön med den modifierade bioenergetiska modellen, som beskrivs i Karås & Thoresson 1992 och Adill m.fl. 2013, visar att ynglen kan vara betydligt större vid tidpunkten när detonationsfisket genomförs än vad längdfördelningarna i

provtagningarna visar. Denna frågeställning bör utvärderas mer ingående kommande år och se över möjligheterna att genomföra punktinsatser med kompletterande provtagningar tidigare på säsongen för att undersöka omfattningen av rekryteringen.

I Forsmarks skärgård har förekomsterna av stor abborre (>25 cm) ökat de senaste åren och under 2014 var fångsterna det största någonsin. Utvecklingen av fångsterna av stor abborre kan kopplas ihop med gallerborttagandet vid Biotestsjön 2004 när det gavs möjlighet för fisk att vandra mellan anläggningen och områdena utanför. Vid åldersanalyserna av abborre från Forsmarksområdet finns tydliga tecken på att vissa individer har levt periodvis i väldigt gynnsamma förhållanden och haft en mycket snabb tillväxt under specifika år. Det är sannolikt att dessa individer härstammar från Biotestsjön eller har tillbringat delar av livet där och har gynnats av anläggningens goda förutsättningar för tillväxt.

Undervattensarbete i samband med förläggningen av sjökabeln Fenno-Skan 2 under 2011 medförde att bottenfaunasamhället slogs ut vid den medeldjupa bottenfaunastationen i Forsmark, FM 119. De två senaste årens provtagningar pekar dock mot en återhämtning gällande både antalet bottenlevande djur per kvadratmeter och biomassa i området. I övrigt ses inga större förändringar på bottenfaunastationerna i Forsmark eller i referensområdet Finbofjärden.

Fågelinventeringarna inom kontrollprogrammet visade återigen Biotestsjöns stora betydelse för sjöfågel i Forsmarksområdet. Den isfria miljön i Biotestsjön under vinterhalvåret skapar goda förhållanden för fåglarna att rasta i skydd och möjlighet till födosök. Även områdena utanför anläggningen som påverkas av kraftverkets drift och förblir isfria under vintern lockar stora mängder fåglar. På dessa platser, vid intags- och utsläppsområdena för kylvatten, förekommer bland annat stora mängder knipa under vintermånaderna. De två senaste vintrarna med milda temperaturer och begränsade mängder is i Forsmarks skärgård finns en tendens att fåglarna blir mer utspridda i området och inte är lika koncentrerade till Biotestsjön eller till intag- och utsläppsområdet.

För andra året i rad genomförde mellanskarven häckning inne i Biotestsjön och omfattningen var ungefär som under 2013 med cirka 80 bon i kolonin. Till skillnad från 2013 lyckades fortplantningen under 2014 och ungar kläcktes. Resultatet av häckningen uteblev dock, eftersom örnarna i området gjorde frekventa attacker mot kolonin i samband med kläckningsperioden och konsumerade samtliga skarvungar. Den stora förekomsten av mellanskarv inne i Biotestsjön kan sannolikt påverka tätheterna av fisk i anläggningen och förekomsten av andra fågelarter i närområdet. Detta har dock inte kunnat påvisas i undersökningarna inom kontrollprogrammet.

## Referenser

- Adill, A., Heimbrand, Y., Kaljuste, O. (2014). Effekthöjningsprogrammet vid Forsmarks kärnkraftverk - Sammanfattande rapport från de tre första årens undersökningar. Aqua reports 2014:13. Sveriges lantbruksuniversitet, Öregrund. 56 s.
- Adill, A., Heimbrand, Y., Sevastik, S. (2014). Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk - Årsrapport för 2013. Aqua reports 2014:5. Sveriges lantbruksuniversitet, Öregrund. 42 s.
- 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., Landfors, F., Mo, K., Sevastik, A. (2012). Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk. Årsrapport för 2011. Aqua reports 2012:7. Sveriges lantbruksuniversitet, Öregrund. 43 s.
- Andersson, J. (2009). Provfiske med kustöversiktsnät, nätlänkar och ryssjor, Version 1:0 : 2009-01-08.Handledning för miljöövervakning, Naturvårdsverket.
- Ehlin, U., Lindahl S., Neuman E., Sandström O. Svensson, J. (2009). Miljöeffekter av stora kylvattenutsläpp. Erfarenheter från de svenska kärnkraftverken. Elforsk rapport 09:79.
- Eriksson, B.K., Ljunggren, L., Sandström, A., Johansson, G., Mattila, J., Rubach, A., Råberg, S. Snickars, M. (2009). Declines in predatory fish promote bloom-forming macroalgae. Ecol. Appl. 19 (8), 1975–1988.
- Karås, P., Adill, A., Boström, M., Mo, K & Sevastik, A. (2010). Biologiska undersökningar vid Forsmarks kraftverk år 2000–2007. Fiskeriverket informerar, FINFO 2010:2.
- Karås, P. & Thoresson, G. (1992). An application of a bioenergetics model to Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.). J. Fish. Biol. 41:217–230.
- Ljunggren, L., Sandström, A., Johansson, G., Sundblad, G. & Karås, P. (2005). Rekryteringsproblem hos Östersjöns kustfiskbestånd. Finfo 2005:5.
- Mo, K., Karås, P., Neuman, E., Sandström, O. & Svedäng, H. (1996). Biologiska undersökningar vid Forsmarks kraftverk 1980–1995. Fiskeriverket, Kustrapport 1996:6
- Muus, B. & Nielsen, J. (1997). Havsfisk och fiske i nordvästeuropa. Prisma. ISBN 91-518-3505-3. 337s.
- Naturvårdsverket. (1978). Biologiska inventeringsnormer, BIN, Fåglar. Punkt–linjekartering.
- Neuman, E. (1974). Temperaturen inverkan på abborrens (*Perca fluviatilis* L.) tillväxt och årsklassstorlek i några östersjöskärgårdar. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm.
- Persson, J., Loreth, T. & Johansson, G. (2011). Förstärkta fiskbestånd i Roslagens skärgård. Verksamhet 2010.

- Sandström, O. (1985). Recipient monitoring at Forsmark nuclear power station. Report summary 1984. SNV Report 1915, 26 pp.
- Sandström, O. & Svensson, B. (1990). Kylvattnets biologiska effekter, Forskning i Biotestsjön, Forsmark, 1984-1988.
- Sandström, O. (1990). Vattenmiljön vid Forsmarks kraftstation. Naturvårdsverket, Rapport 3867. 42s.
- Sandström, O., Mo, K., Karås, P., Saulamo, K. & Sevastik, A. (2002). Biologiska undersökningar vid Forsmarks kraftverk 1995–2000. Fiskeriverket informerar, FINFO 2002:3.
- Sandström, O., Abrahamsson, I., Andersson, J. & Vetemaa, M. (1997). Temperature effects on spawning and egg development in Eurasian perch. *Jour. Fish. Biol.* **51:5** p.1015-1024.
- Svenska Kraftnät december 2006. Utbyggnad av Fenno-Skan, sjö- och markkabel Dannebo – svenska territorialgränsen. Miljökonsekvensbeskrivning.
- Svärdson, G. (1961). Ingen effekt av sikodlingen i Kalmarsund. *Svensk Fiskeri Tidskrift.* 70:23–26.
- Söderberg, K. (2009). Provfiske i Östersjöns kustområden – Djupstratifierat provfiske med Nordiska kustöversiktsnät. Naturvårdsverket rapport.  
<https://www.havochvatten.se/4.77581c8213364cf66b38000109846.html>
- Thoreson, G. (1992). Handbok för kustundersökningar, Recipientkontroll.  
<http://www.slu.se/Documents/externwebben/akvatiska-resurser/publikationer/FIV/KLAB/PM029-%20handbok%20recip.pdf>
- Thoreson, G. (1996). Guidelines for coastal fish monitoring.  
<http://www.slu.se/Documents/externwebben/akvatiska-resurser/publikationer/FIV/KLAB/PM087-eng%20hand%201996-2.pdf>
- Thulin, J., Höglund, J. & Lindesjö, E. (1989). Fisksjukdomar i Kustvatten. Naturvårdsverket Informerar. 126 s.



