



Institutionen för akvatiska resurser

2022-09-14

SLUID: SLU.aqua.2022.5.5-309

David Gilljam, Massimiliano Cardinale, Mikaela  
Bergenius Nord, Valerio Bartolino, Daniel Valentinsson

Mottagare HaV: Jens Persson, cc Inger  
Dahlgren, Mia Dahlström, Mats Svensson,  
Karin Linderholm, Malin Wilhelmsson

## Beställning storleksstruktur strömming i Bottniska viken (SD 30-31)

*18. Löpande rådgivning, bl.a. inför rådsarbetsgruppen (RAG) och oförutsedda frågor gällande GFP och dess genomförande under året*

### Frågeställning/Beställning

Analys av hur minskad fiskeridödlighet för sill/strömming i ICES-rutor 30 o 31 kan återskapa en bättre storleksfördelning av bestånden i området.

Som referensår för jämförelse föreslår vi 2018, dvs året för benchmark.

Period för att återställa storleksfördelningen föreslår vi fem år, vilket är samma period som det vetenskapliga försöket med utflyttad trålgräns kommer att ske. Början på detta blir 2023.

Analysen som utgår från 2018 och prognosticerar storleksstrukturen 5 år framåt med olika fiskeridödlighet enligt ovan skall utgöra en delanalys av en bredare ansats i syfte att undersöka hur åldersstrukturen hos strömmingen i Bottniska viken förändras vid olika framtida fiskeridödligheter. Denna bredare ansats syftar till att ta fram mer generella bedömningar, dvs bedömningar som syftar till att kunna svara på ett bredare batteri av eventuella förvaltningsmässiga frågor. Därför efterfrågas ett antal simuleringar av olika framtidsscenarioer med olika nivåer av fisketryck, med start år 2023. Eftersom strömmingen ofta blir 10-15 år gammal, kommer ett förändrat fisketryck inte direkt resultera i en tydligt förändrad åldersstruktur. En stor skillnad i historiskt jämfört med framtida simulerat fisketryck kommer också att leda till olika långa övergångsperioder. Simuleringarna körs därför tills åldersstrukturen hos beståndet nått jämvikt (inte längre förändras över tid). Åldersstrukturen hos beståndet vid jämvikt jämförs sedan med åldersstrukturen under en historisk referensperiod, alltså under en tidsperiod/tidspunkt före den nuvarande storleksstrukturen i beståndet med en låg andel stora/äldre individer. Definition av lämplig biologisk referensperiod tas fram inom ramen för denna grundanalys. Utifrån denna analys kan sedan det fisketryck som leder till en återgång till

referensperiodens åldersstruktur utläsas, tillsammans med den tidsperiod som krävs för att nå jämvikt i beståndet.

### Bakgrund

Landningarna av det regionala kustfisket efter strömming längs norrlandskusten har minskat drastiskt de sista två åren, med ungefär 50% fiskesäsongen 2021 och 2022 med en ytterligare halvering. Detta sammanträffar med den uppdaterade rådgivningen för området efter benchmarken, och TAC för område 30/31 ökade markant.

### Format

Underlag i den form SLU Aqua finner lämpligt för att svara på frågeställningen. Gärna inkluderande översiktliga diagram med utveckling av bestånd samt storleksfördelning över tidsperioden. Samt i tabellform.

### Datum för leverans

2022-09-14

Underlaget skickas till Jens Persson med kopia till Inger Dahlgren, Mia Dahlström och Mats Svensson.

## SLU Aqua

Strömmingsfisket i Bottniska viken (SD30-31) förvaltas likt andra gemensamt förvaltade bestånd inom EU enligt principen för MSY (Maximum Sustainable Yield). Jämfört med ett lågt beskattat bestånd resulterar fiske vid MSY att beståndets storleksstruktur förskjuts mot mindre storlekar, eftersom fisket ofta riktas mot större och äldre individer (t.ex. Beyer & Lassen 1994, Östman et al. 2014, Barnett et al. 2017). En förskjuten storleks- eller åldersstruktur kan resultera i lägre fångster för de fiskare som enbart riktar in sig mot de större fiskarna i beståndet, i strömmingsfisket alltså fiskar stora nog för det som traditionellt betraktas som fisk för humankonsumtion. Denna analys undersöker hur olika framtida fiskeridödlighet påverkar åldersstrukturen hos strömmingsbeståndet i Bottniska viken (SD30-31).

## Metod

För att undersöka hur förändrad framtida fiskeridödlighet påverkar åldersstrukturen hos strömmingsbeståndet i Bottniska viken (SD30-31), har ICES senaste beståndsuppskattningsmodell och data (ICES 2022) använts för att simulera framtida fiskescenarion. Modellens estimerade antal fiskar per åldersklass och år från fiskescenarion med en fiskeridödlighet  $F = [0, 0.1, 0.2, \dots, 1.0] * F_{msy}$  har analyserats och jämförts med olika historiska referensperioder ([1980 – 2021; 1980 – 2014; 1990 – 2021; 1990 – 2014; 2015 - 2021] samt året 2018 (specifikt efterfrågat i HaVs beställning). Startåren 1980 och 1990 för referensperioderna valdes utifrån beståndsuppskattningsmodellens tillgängliga data som från och med de åren innehåller uppgifter om antalet fångade fiskar per åldersklass från det kommersiella fisket (1980) och den vetenskapliga surveyen BIAS (1990). Slutåret 2021 motsvarar det sista året för modellens data. Åren 2014/2015 motsvarar en tydlig brytpunkt i beståndets åldersstruktur (Fig. 1); åren 2015 – 2021 valdes därför som en "låg" referensperiod med trolig förändrad åldersstruktur.

För framtidsprojektionerna (med start år 2023) görs ett antal antaganden. Ungfiskrekryteringen baseras på storleken på lekbiomassan i beståndet (med en s.k. stock-recruitment-funktion skattad internt av modellen [ICES 2021]) och strömmingens köns- och mognadsgradsutveckling. Vikt-vid-ålder hålls konstant vid en nivå som motsvarar ett medelvärde för de senaste 3 åren (se 'Osäkerheter i analyserna' nedan). Framtidsprojektionerna simulerades deterministiskt (utan t.ex. slumpmässig variation i miljön, eller variation i skattade biologiska parametrar) tills beståndet nått jämvikt (det år då åldersfördelningen inte längre förändras i något av fiskescenariona).

De åldersstrukturmått som använts för att kvantifiera åldersstrukturen i beståndet är proportionen fiskar äldre än 4 år ("5+") och äldre än 6 år ("7+"), per år, för de historiska referensperioderna och för alla framtida fiskescenarion. 5+ beräknades för

att komplettera den inledande analys som redan gjorts (SLU.aqua.2022. 2022.5.5-46) och 7+ valdes eftersom strömmingen vid den åldern normalt når storlek för humankonsumtion i Bottenhavet (ca 18-20 cm, SLU.aqua.2022. 2022.5.5-46). Dessutom har Shannons diversity-index beräknats, vilket är ett vanligt statistiskt diversitetsmått som beskriver andelen/proportionen individer per åldersklass per år i hela beståndet. Ett lägre index betyder mer ojämnt fördelade åldersklasser vilket här innebär en förskjutning av beståndets åldersfördelning mot mindre fisk. För att undvika störande effekter av stor variation mellan år i ungfiskrekrytering har åldersklass 0 utelämnats vid beräkningen av alla åldersstrukturmått. Där medelvärden tillsammans med konfidensintervall beräknats kan ej överlappande konfidensintervall hos referensperiodernas åldersstrukturmått ses som en indikation på statistisk signifikant skilda medelvärden. Specifika analyser för att statistiskt säkerställa skillnaden mellan medelvärden har inte utförts inom ramen för denna beställning.

#### Osäkerheter i analyserna

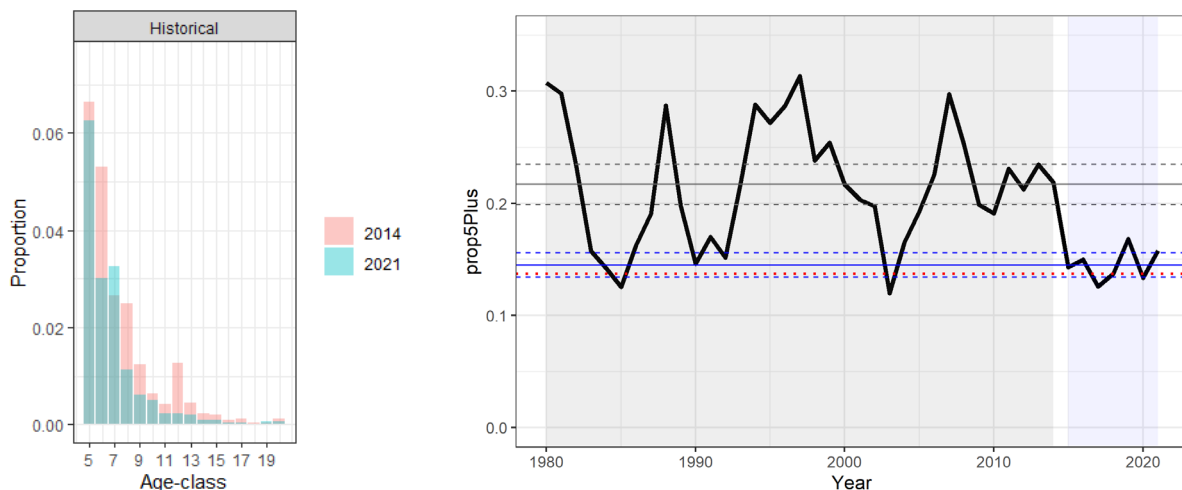
Jämförelsen av åldersstruktur baseras på befintliga skattningar av antal individer per åldersklass och år, från ICES beståndsuppskattningsmodell, där modellen årligen noggrant utvärderas och statistiskt valideras mot insamlade data av ICES expertgrupp WGBFAS. Modellens historiska åldersfördelningar har konstaterats stämma väl överens med insamlade data från fisket och vetenskapliga surveyer (ICES 2022). Under den historiska perioden tar modellen hänsyn till naturlig variation i ungfiskrekrytering skattad från insamlad data – en faktor som tillsammans med naturlig dödlighet och fiskeridödlighet har stor påverkan på beståndets åldersstruktur. Hur stor relativ betydelse fiskeridödligheten, jämfört med rekrytering och naturlig mortalitet, har för beståndets åldersstruktur har inte undersökts i denna analys.

För framtidsprojektioner finns naturligtvis ingen ny insamlad data för att skatta denna typ av viktiga, naturligt varierande, faktorer som påverkar beståndets utveckling och åldersstruktur. Därför har följande antaganden gjorts, i enlighet med ICES tillvägagångssätt vid framtidsprojektioner för beståndets lekbiomassa (ICES 2022); strömmingens könsognadsgrad- och vikt-vid-ålder hålls konstant vid en nivå som motsvarar ett medelvärde för de senaste 3 åren, och ungfiskproduktionen beror på beståndets lekbiomassa (se Metod). Dessutom inkluderas ingen variation i strömmingens omgivande miljö, som t.ex. temperatur eller salthalt, vilket är faktorer som också påverkar beståndets reproduktion och utveckling. Inte heller tar beståndsuppskattningsmodellen hänsyn till eventuella lokala delpopulationer i beståndet (SLU.aqua.2022. 2022.5.5-46). Ju längre framtidsprojektion som görs, desto större är risken för avvikelser från dessa antaganden och därmed ökar också osäkerheten med längden på projektionen. När ICES gör framtidsprojektioner för

lekbiomassa görs dessa normalt inte längre än tre år framåt i tiden. Att utvärdera osäkerheten i projektionerna gjorda i denna beställning är ett arbete som kräver en långt djupare analys än vad nuvarande tidsram tillät.

## Resultat

Åldersstrukturen hos strömming i Bottniska viken (SD30-31) varierar stort från år till år; t.ex. så var andelen fiskar per åldersklass äldre än 4 år med några få undantag lägre år 2021 jämfört med år 2014, (året då åldersstrukturen snabbt förändrades från en i genomsnitt "hög" till "låg" period, Fig. 1). Sett över hela den historiska tidsserien (1980-2021) så är andelen fiskar äldre än 4 (5+) respektive 6 (7+) år i beståndet lägre under alla de senaste 6 åren (2015-2021) jämfört med genomsnittet för de referensperioder som testats ([1980-2021; 1980-2014; 1990-2021; 1990-2014; 2018], Fig. 1, Tabell 1). I genomsnitt bestod beståndet under åren 1980-2014 av 21.7 ( $\pm 1.8$ ; 95% konfidensintervall) och 11.0 ( $\pm 1.0$ ) procent fiskar i åldrarna 5+ respektive 7+ (Fig. 1, Tabell 1). 2015 minskade dessa proportioner tydligt och motsvarande genomsnitt för åren 2015-2021 är 14.5 ( $\pm 1.0$ ) respektive 6.2 ( $\pm 1.0$ ) procent (Fig. 1, Tabell 1). Året som i beställningen specifikt efterfrågades som referensår (2018) var andelen 5+ och 7+ 13.7 respektive 6.2 procent, d.v.s. inom konfidensintervallen för de senaste 6 åren (Fig. 1, Tabell 1). Shannons diversitetsindex (Fig. S1, Tabell 1) följer samma mönster som förändringen av 5+ och 7+, vilket också visar att åldersfördelningarna har förskjutits mot en större andel yngre individer i beståndet.



Figur 1. Åldersfördelning hos strömming med ålder 5 eller äldre för år 2014 (ljusröd) och 2021 (ljusblå) till vänster (proportion per åldersklass av hela beståndet) och för hela den historiska perioden till höger (1980-2021, proportion 5 år eller äldre av hela beståndet). Fördelningarna i den vänstra panelen överlappar varandra för att tydliggöra skillnader per åldersklass. År 2014 representerar ett medelår för hela tidsserien och 2021 ett år med lägre proportion av äldre fiskar än genomsnittet. Dessutom sker ett skifte år 2014/2015 mellan två tidsperioder med större och mindre andel stor fisk i beståndet, markerade med grå respektive ljusblå

skuggning. Horisontella tunna linjer markerar periodernas medelvärden (heldragna linjer) med övre och undre 95% konfidensintervall (streckade linjer). Röd horisontell prickad linje visar nivån för år 2018, föreslaget av HaV som referensår för jämförelse.

Simuleringarna visar att framtida fiskeridödlighet påverkar åldersstrukturen stort. En framtida fiskeridödlighet motsvarande  $F_{msy}$  kommer att resultera i en lägre proportion 5+ och 7+ i beståndet, jämfört med genomsnittet för de senaste 6 (redan låga) åren (Fig. 2, Tabell 1). En framtida fiskeridödlighet lägre än  $F_{msy}$  resulterar i ökad andel 5+ och 7+, där den ökande andelen stor strömming är direkt relaterad till fiskeridödlighetsreduceringens storlek (Fig. 2, Tabell 1). Den slutliga effekten av en förändrat fiskeridödlighet på beståndets åldersstruktur tar dock lång tid. Eftersom strömming är en relativt långlivad art kommer de äldre åldersklasserna som utsatts för en historiskt fiskeridödlighet finnas kvar i beståndet i många år, och därmed finns en "fiskeridödlighetsskuld" kvar i systemet. Dessutom beror övergångsperiodens längd på skillnaden i historiskt jämfört med framtida fiskeridödlighet, där en stor skillnad ger en längre övergångsperiod till jämvikt där beståndets storleksstruktur inte längre förändras över tid (Fig. 2, Tabell 1). Långa framtidsprojektioner innebär stora osäkerheter (se 'Osäkerheter i analyserna' ovan), vilket gör det svårt att precis förutsäga vilken fiskeridödlighet som efter en övergångsperiod återskapar referensperiodernas åldersstruktur, inte minst eftersom åldersstrukturen inte bara påverkas av fiskemortalitet utan också av andra, naturligt varierande viktiga biologiska faktorer som t.ex. förändringar i temperatur och salthalt. Givet (i) de antaganden som här görs, och (ii) avsaknad av variationsmått för projektionerna, visar analysen att en fiskemortalitet  $F$  mellan ca 20 och 40 % av  $F_{msy}$  under minst 25 år leder till samma åldersstruktur som den genomsnittliga åldersstrukturen under perioden 1980-2014 (Fig. 2, S1, Tabell 1). Ett fiske motsvarande 50-70 % av  $F_{msy}$  skulle resultera i en åldersstruktur i nivå med referensåret 2018 (samma låga nivå som nivån de senaste 6 åren, Fig. 2, Tabell 1).

### Sammanfattning och slutsatser

Landningarna av det regionala kustfisket efter strömming längs norrlandskusten har minskat drastiskt. En trolig bidragande orsak är minskningen av andelen fisk stor nog för humankonsumtion i beståndet. En liknande nedgång i fångster av framför allt stor strömming kan också ses i SLU Aquas nätprovfisken längs kusten i Bottenhavet och i fångster från den vetenskapliga undersökningen BIAS. Dessa observationer har rapporterats i tidigare kunskapsunderlag från SLU Aqua. I detta underlag undersöktes hur åldersstrukturen hos strömmingen i Bottniska viken (SD30-31) varierat historiskt, och hur den skulle förändras vid olika framtida fiskeridödligheter.

Analysen visar att åldersstrukturen under bara några få år har förskjutits mot mindre individer; proportionen 5-åringar och äldre och 7-åringar och äldre är för de senaste 6 åren (2015-2021) i genomsnitt 33 respektive 42 % lägre jämför med tidigare år (1980-2014). Att exakt förstå alla bidragande orsaker är svårt, men förskjutningen har skett under en period med höga landningar i fisket (under åren 2012-2015 var landningarna i SD30-31 106-115 kton). Förskjutningen sammanfaller också med de år då den rekordstora åldersklassen från år 2002 (ICES 2022) bör ha drabbats hårt av naturlig mortalitet på grund av hög ålder och därmed fått mindre och mindre inverkan på andelen äldre fiskar i beståndet.

Vidare visar analysen att framtida fiskeridödlighet har stor påverkan på beståndets åldersstruktur (Fig. 2). En framtida fiskeridödlighet motsvarande  $F_{msy}$  kommer resultera i ytterligare minskad andel stor strömming jämfört med dagens nivå. Trots att förskjutningen mot mindre individer har skett snabbt, så krävs det enligt analysen en framtida minskad fiskeridödlighet motsvarande 20-40 % av  $F_{msy}$  under minst 25 år för att återställa åldersstrukturen till historiska nivåer före år 2015. Ett fiske motsvarande 50-70 % av  $F_{msy}$  skulle resultera i en åldersstruktur i nivå med referensåret 2018, vilket är samma låga nivå som nivån de senaste 6 åren. Åldersstrukturen hos ett bestånd kan alltså förskjutas mot yngre individer på bara några få år, men det kan ta decennier att bygga upp den igen. Framtidsprojektionerna i analysen bör dock beaktas med försiktighet då osäkerheterna är stor och växer med längden på projektionen.

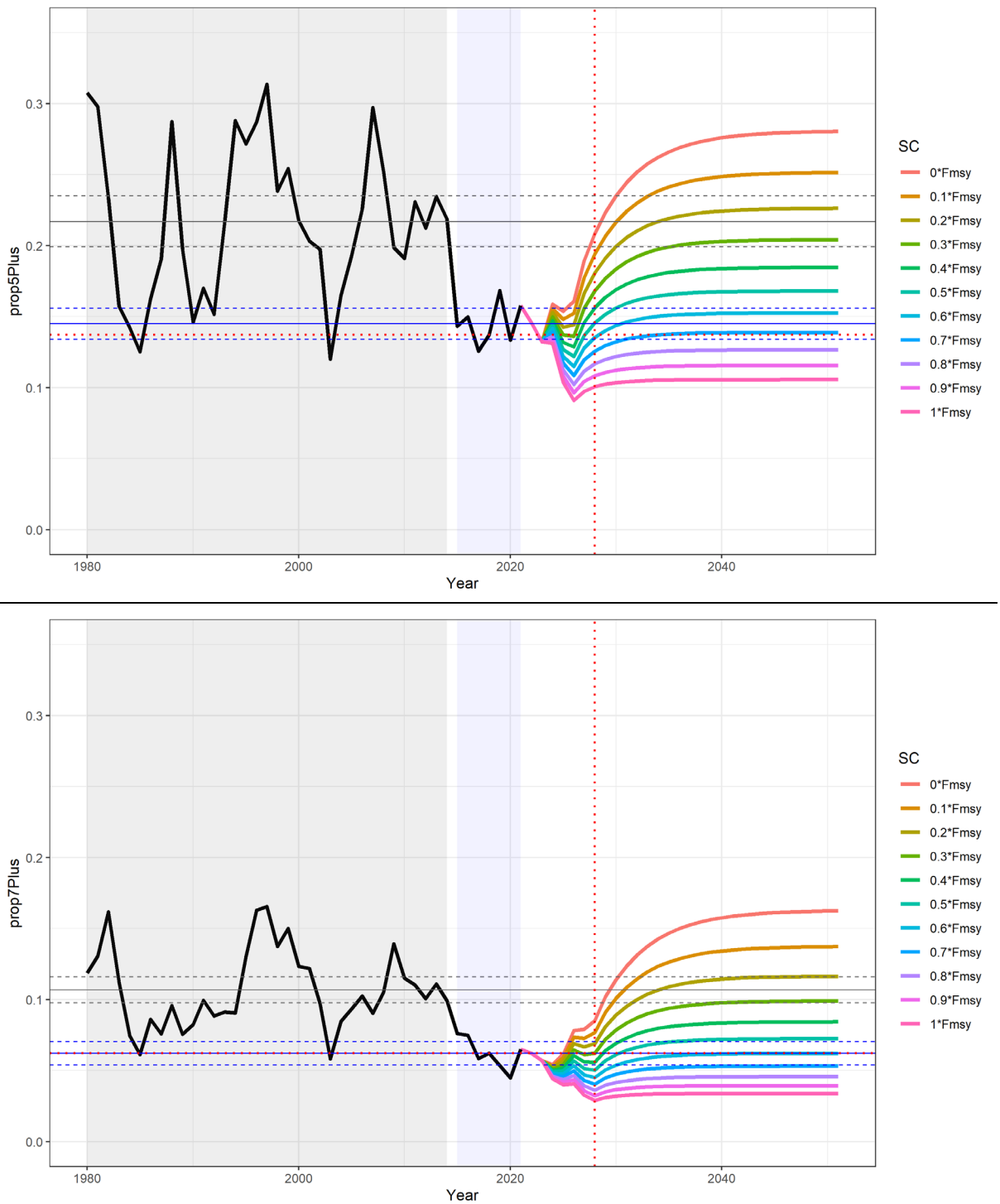
Jämfört med många andra bestånd som förvaltas enligt principen för MSY, så har fiskeridödligheten hos strömmingen i Bottniska viken länge varit väldigt låg (ur MSY-perspektiv); fram t.o.m. 2006 har  $F$  legat (långt) under 0.1 (d.v.s. under 37 % av  $F_{msy}$ ; ICES 2022). Från 2007 till 2016 ökade  $F$  till en topp på 0.25 (92% av  $F_{msy}$ ), varefter  $F$  sedan minskat till 0.18 år 2021 (66% av  $F_{msy}$ ). Eftersom ett fiske mot MSY innebär en minskad andel större fisk i beståndet, och fiskeridödligheten under de senaste 8-10 åren har varit betydligt närmare  $F_{msy}$  än tidigare år, får det ökade fisket konsekvensen att beståndets åldersfördelning förskjuts mot mindre och yngre individer. Detta stämmer också överens med resultaten i framtidsprojektionerna gjorda i denna analys som visar att dagens åldersfördelning förskjuts ytterligare mot mindre individer om fiskeridödligheten ökar än mer mot  $F_{msy}$ . En MSY-förvaltning av beståndet är alltså enligt denna analys inte kompatibel med en storleksfördelning som gynnar kustfiskets behov av fisk stor nog för humankonsumtion.

En ytterligare möjlig delförklaring till de försämrade fångsterna bland kustfiskarna, som inte har undersökts i denna beställning, är potentiellt överfiske på delpopulationer inom beståndet. Det finns idag forskning som visar att strömming/sill i Östersjön skiljer sig åt genetiskt, med olika ekologiska anpassningar

för t.ex. lek på våren eller hösten (Han et al. 2020, se också Wennerström et al. 2022), vilket skulle kunna innebära att beståndsstrukturen hos strömmingen i Bottniska också innefattar lokala delpopulationer med specifika kustområden för lek. Det går därför inte att utesluta att bristen på stor strömming längs kusten också kan bero på en utarmning av sådana lokala delpopulationer (mer om detta finns även i SLU.aqua.2022. 2022.5.5-46).

Slutligen – SLU Aqua anser att ett klagörande behövs för att undvika eventuella missuppfattningar (utifrån vad som anges i HaVs bakgrundsinformation till denna beställning). TAC och fångster för strömmingen i SD 30-31 nådde en topp mellan åren 2012 och 2017 (TAC 103-158 kton; fångst 104-130 kton), varefter de sjönk under tre år (2018-2020; TAC 65-85 kton, fångst 73-97 kton) då beståndet nedgraderades av ICES (ICES 2022). Åren efter benchmark (2021-2022) höjdes TAC (111 och 117 kton, lägre än högsta nivåerna under 2012-2017), dock utan att fångsterna ökade (2021 låg kvar på 2020 års nivå -72 kton). Det finns alltså inget samband mellan förändring i beståndsuppskattningsmodell, efter jämfört med före benchmark, och minskningen av stor fisk i beståndet, då minskningen skedde före dessa metodförändringar.





Figur 2. Åldersstrukturförändring över tid, för andelen 5-åringar och äldre (övre panel) och 7-åringar och äldre (undre panel), historiskt (svart tjock linje) och vid olika framtida fiskeridödlighetsscenarion (proportion av  $F_{msy}$ , färgade tjocka linjer) hos strömming i Bottniska viken (SD30-31). Grå och ljusblå skuggning visar vald referens respektive "låg" tidsperiod, där horisontella tunna linjer markerar periodernas medelvärden (heldragna linjer) med övre och undre 95% konfidensintervall (streckade linjer). Röd horisontell prickad linje visar nivån för år 2018 och röd vertikal prickad linje markerar år 2028. Åldersstrukturmåtten är beräknade från modellestimat av antal individer per åldersklass och år, från samma modell och data som använts vid ICES senaste beståndsskattning (ICES 2022). Se också Tabell 1 och figur S1 för alternativa referensperioder och fler åldersstrukturmått.

Tabell 1. Jämförelse av storleksstruktur vid olika historiska referensår och framtida fiskescenarier. Andel 5+ och 7+ anger proportionen av antal fiskar i åldersklasserna 5 respektive 7 år och äldre i hela beståndet. För referensperioder med fler år än ett anges medelvärde med 95% konfidensintervall. Shannons diversitetsindex (Shannon div.) är ett statistiskt diversitetsmått som beskriver fördelningen av proportionen individer per åldersklass, där ett lägre värde betyder mer ojämnt fördelade åldersklasser. Vid beräkningen av alla åldersstrukturmått har åldersklass 0 utelämnats.

		Åldersstrukturmått				
		År	Andel 5+	Andel 7+	Shannon div.	
<b>Historisk beståndsskattning</b>	<b>Referensperiod</b>	1980- 2021	0.205 [±0.017]	0.100 [±0.010]	1.862 [±0.046]	
		1980- 2014	0.217 [±0.018]	0.107 [±0.010]	1.890 [±0.048]	
		1990- 2021	0.203 [±0.189]	0.100 [±0.011]	1.872 [±0.052]	
		1990- 2014	0.220 [±0.019]	0.110 [±0.010]	1.916 [±0.055]	
		2018	0.137	0.062	1.806	
		<b>“Låg” period</b>	2015- 2021	0.145 [±0.011]	0.062 [±0.008]	1.720 [±0.048]
<b>Framtida fiskescenarion, år 2028*</b>						
	<b>0 Fmsy</b>	2028	0.208	0.085	1.910	
	<b>0.1 Fmsy</b>	2028	0.194	0.077	1.873	
	<b>0.2 Fmsy</b>	2028	0.181	0.069	1.836	
	<b>0.3 Fmsy</b>	2028	0.168	0.062	1.801	
	<b>0.4 Fmsy</b>	2028	0.156	0.056	1.767	
	<b>0.5 Fmsy</b>	2028	0.146	0.050	1.735	
	<b>0.6 Fmsy</b>	2028	0.135	0.045	1.702	
	<b>0.7 Fmsy</b>	2028	0.126	0.040	1.671	
	<b>0.8 Fmsy</b>	2028	0.117	0.036	1.641	
	<b>0.9 Fmsy</b>	2028	0.109	0.032	1.612	

	<b>1.0 Fmsy</b>	2028	0.101	0.029	1.584
<hr/>					
<b>Framtida fiskescenarion, vid jämvikt**</b>	<b>0 Fmsy</b>	2051	0.280	0.162	2.156
	<b>0.1 Fmsy</b>	2051	0.250	0.136	2.067
	<b>0.2 Fmsy</b>	2050	0.226	0.116	1.995
	<b>0.3 Fmsy</b>	2047	0.203	0.098	1.925
	<b>0.4 Fmsy</b>	2048	0.184	0.084	1.866
	<b>0.5 Fmsy</b>	2047	0.167	0.071	1.806
	<b>0.6 Fmsy</b>	2043	0.151	0.061	1.756
	<b>0.7 Fmsy</b>	2045	0.139	0.053	1.715
	<b>0.8 Fmsy</b>	2041	0.126	0.046	1.672
	<b>0.9 Fmsy</b>	2041	0.115	0.039	1.629
	<b>1.0 Fmsy</b>	2037	0.106	0.034	1.597

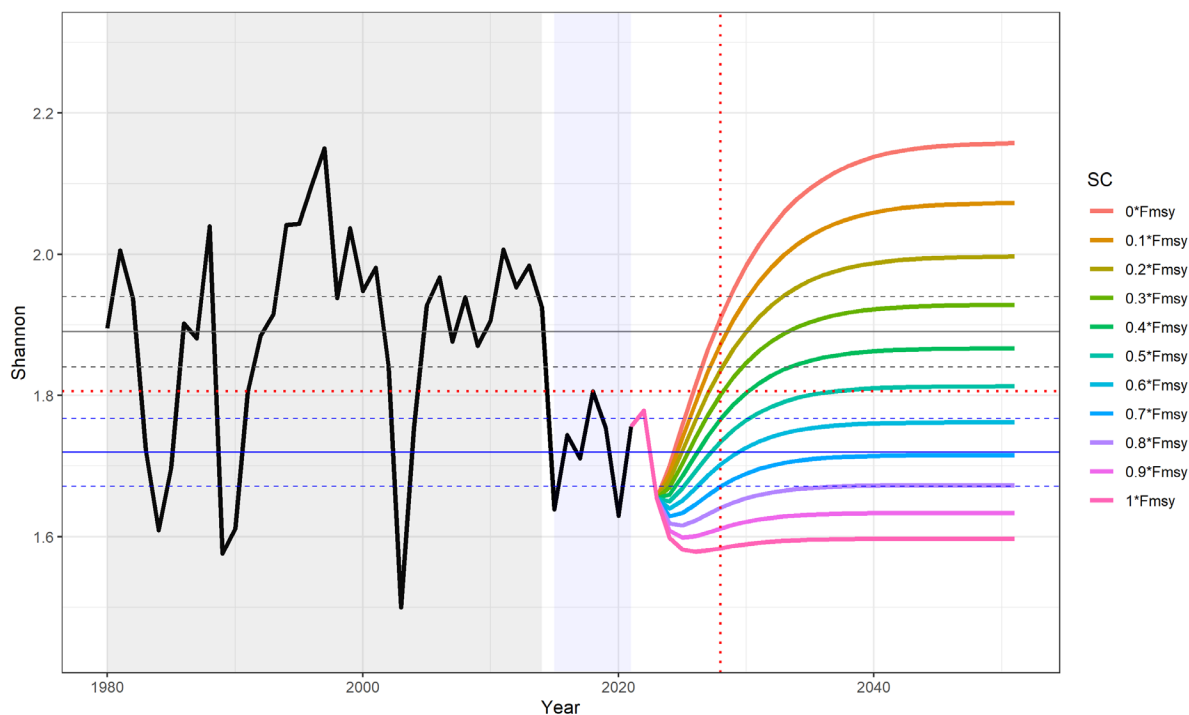
\* Efter 2028 förändras fortfarande åldersstrukturen för de olika fiskescenarierna över tid.

\*\* Jämvikt definieras som det år då alla åldersstruktursmått (avrundat till 3 decimaler) inte längre förändras över tid.

## Referenser

- Barnett, L. A. K., Branch, T. A., Ranasinghe, R. A. & Essington, T. E. Old-Growth Fishes Become Scarce under Fishing. *Current Biology*.
- Beyer J.E., Lassen H. The effect of size-selective mortality on the size-at-age of Baltic herring, *Dana*, 1994, vol. 10 (pg. 203-234).
- Han F, Jemsandekar M, Pettersson M, Su L, Fuentes-Pardo AP, Davis BW, Bekkevold D, Berg F, Casini M, Dahle G, Farrell ED, Folkvord A, Andersson L. Ecological adaptation in Atlantic herring is associated with large shifts in allele frequencies at hundreds of loci. DOI:10.7554/eLife.61076. (2021).
- ICES. Benchmark Workshop on herring (*Clupea harengus*) in the Gulf of Bothnia (WKCLuB 2021). ICES Scientific Reports. 3:9. 113 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5989> (2021).
- ICES. Baltic Fisheries Assessment Working Group (WGBFAS). ICES Scientific Reports. 4:44. 659 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.19793014>. (2022).
- Valentinsson et al. Beställning sill/strömning i norra egentliga Östersjön. Sveriges lantbruksuniversitet. SLU.aqua.2022. 2022.5.5-46.
- Wennerström et al. PM till HaV: Trender i biomassa för strömning i SD25-30. SLU.aqua.2022.XXX.
- Wennerström et al. Delrapportering av uppdragen (dnr 2007-21; 01601-2021; 02213-2020): Kust och utsjöinteraktioner, sill/strömmingsgenetik: Preliminär rapportering avseende frågeställningen: finns det genetiska skillnader bland vårlekande strömning i ICES-områdena 27 och 29? SLU.aqua.2022.XXX
- Östman, Ö., Karlsson, O., Pönni, J., Kaljuste, O., Aho, T. and Gårdmark, A. 2014. Relative contributions of evolutionary and ecological dynamics to body size and life-history changes of herring (*Clupea harengus*) in the Bothnian Sea. *Evolutionary Ecology Research*, 2014, 16:417– 433.

## Supplement



Figur S1. Åldersstrukturförändring över tid, mätt med Shannons diversitetsindex, historiskt (svart tjock linje) och vid olika framtida fiskeridödlighetsscenarion (proportion av  $F_{msy}$ , färgade tjocka linjer) hos strömmingen i Bottniska viken (SD30-31). Grå och ljusblå skuggning visar vald referens respektive "låg" tidsperiod, där horisontella tunna linjer markerar periodernas medelvärden (heldragna linjer) med övre och undre 95% konfidensintervall (streckade linjer). Röd horisontell prickad linje visar nivån för år 2018 och röd vertikal prickad linje markerar år 2028. Shannons diversitetsindex är ett statistiskt diversitetsmått som beskriver fördelningen av proportionen individer per åldersklass, där ett lägre värde betyder mer ojämnt fördelade åldersklasser. Åldersstrukturmått är beräknade från modellestimat av antal individer per åldersklass och år, från samma modell och data som använts vid ICES senaste beståndsskattning (ICES 2022). Se också Tabell 1 för alternativa referensperioder och fler åldersstrukturmått.