



Historien om Östersjötorsken

RAPPORT 1/2018

Östersjöcentrum


Stockholms
universitet

Innehåll

- 4 **Brackvattenexpert**
 - Torsken koloniserar Östersjön
 - Anpassad til brackvatten
 - Begränsade lekområden
 - Hittar hem
 - Torsk i öster och väster
 - Ekologisk barriär

- 7 **Viktig roll i ekosystemet**
 - Överst i näringskedjan
 - Invecklade förhållanden
 - Torsken och sälen

- 9 **Torskfiske som påverkar**
 - Förändringens århundrade
 - Upp som en sol ...
 - ... och ner som en pannkaka
 - Rubbad balans
 - Effekter i hela näringskedjan
 - Rovfiskar ofta i fara

- 11 **Torskbestånd i kris**
 - Återhämtning som gått snett
 - Tusenbröder
 - Kritiskt tillstånd

- 12 **Förödande trålfiske**
 - Effektiv metod
 - Ekologiskt ohållbart
 - Ett gott exempel ...
 - ...och ett dåligt

- 14 **Ekonomiskt fiske**
 - Enkelt samband satt ur spel
 - Vem äger fisken?
 - Teknik på gott och ont
 - Ekologin komplicerar
 - Dagens förvaltningsmodell slår fel
 - Liten lättnad ger stor vinst

- 16 **Att rädda torsken**
 - Osäker åldersbestämning
 - Ekosystembaserad förvaltning
 - Orsaker behöver klarläggas

- 18 **Referenser**

Författare: Kristina Viklund

Omslagsfoto: Stefan Beskow/Azote

Figurer: Kristina Viklund

Faktagranskning: Henrik Svedäng och Gustaf Almqvist

Layout och original: Ulrika Brenner

Design: Blomquist & Co

Tryck: Universitetsservice US-AB 2018



Toppredatorn

som från sin position överst i näringskedjan reglerar arterna som den har under sig.

Kolonisatören

som lämnade den stabila marina miljön för åtta tusen år sen för ett liv i den variabla och utsötade Östersjön.

Brackvattenexperten

som anpassat sig både genetiskt och beteendemässigt för det annorlunda innanhavet.

Matfisken

som värderats högt av oss människor sedan stenåldern och fiskas både storskaligt och småskaligt.

Den hotade

som precis som många andra rovfiskar har påverkats kraftigt av människans aktiviteter.

Det här är historien om

Östersjötorsken.

Brackvattenexpert

Torsken koloniserar Östersjön

För mellan 6 000 och 8 000 år sedan, när Östersjön precis blivit ett brackvattenhav^[1], vandrade torsken in och koloniserade området^[2]. Den mötte där en miljö med salthalter som var betydligt lägre än i haven utanför.

Att leva i brackvatten är en utmaning som inte många marina arter klarar av. När torsken koloniserade Östersjön var salthalterna visserligen högre än de är idag, men det krävdes ändå en hel del anpassning för att torsken skulle kunna leva där^[2]. Möjligtvis kan de första torskarna i Östersjön redan ha haft en viss förmåga att hantera låga salthalter, men större delen av anpassningen verkar ha skett efter koloniseringen, och den har fortgått ända sedan dess^[2].

I torskens huvudsakliga utbredningsområde, som är i Nordatlanten, är salthalterna betydligt högre än i Östersjön, och större delen av torskbestånden är anpassade efter denna marina miljö^[3]. Torskens ägg kräver en viss salthalt för att kunna flyta, och eftersom salt vatten är tyngre än sötvatten så sjunker äggen tills de i djupare vattenlager hamnar i rätt salthalt. På djupet är dock syre ofta en bristvara, vilket riskerar torskäggets överlevnad^[4]. Torskens spermier kräver också en viss salthalt för att vara rörliga, och om salthalten är för låg så förlorar de sin rörlighet och befruktningen uteblir^[3, 5].



Illustration: Azote

Salthalterna är betydligt lägre i Östersjön än i Atlanten, där salthalten ligger runt 35 promille. Torsken i Östersjön har anpassat sig efter det utsötade vattnet.

Foto: Tony Holm/Azote





Det har tidigare funnits tre större lekområden för torsk i Östersjön, där Gotlandsdjupet har varit det största och viktigaste. Sedan slutet av 1980-talet har de försämrade syreförhållandena i såväl Gotlandsdjupet som Gdanskdjupet omöjliggjort torsklek. Karta från Bagge et al. (1994).

Anpassad till brackvatten

Torsken i Östersjön har med tiden utvecklat en stor förmåga att hantera det utsötade Östersjövattnet^[2]. Detta är en viktig evolutionär anpassning hos Östersjötorsken för att lyckas med reproduktionen i den lägre salthalten. Bland annat har torskens ägg förändrats i storlek, innehåll och tjocklek på cellväggen, så att flytförmågan anpassats efter brackvattemiljön. För att torskäggen ska kunna hålla sig flytande krävs för Atlant-torsk en salthalt på närmare 30 promille, medan Östersjötorskens ägg flyter vid en salthalt på 12 till 18 promille^[4].

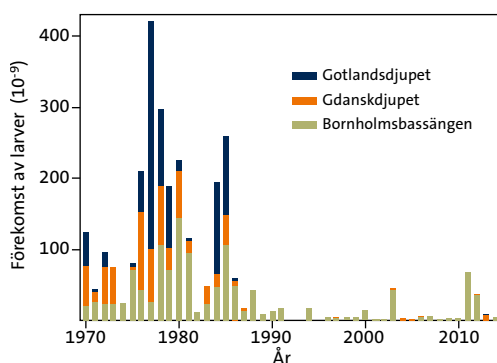
Men torsken i Östersjön lever verkligen på gränsen av sitt utbredningsområde^[4, 6]. Även om den har anpassat sig till det utsötade vattnet kan den fortfarande bara reproducera sig där vattnet är som saltast, alltså i Östersjöns djuphålur^[7, 8]. Den är därför beroende av periodvisa saltvatteninbrott från Atlanten, vilka då och då fyller på Östersjöns djuphålur med salt och syrerikt vatten^[4, 9].

Begränsade lekområden

Tillräckligt höga halter av salt och syre för en lyckad torsklek har tidigare funnits i tre områden i Östersjön: Gotlandsdjupet, Gdanskdjupet och Bornholmsbassängen^[4, 9]. Av de tre områdena har Gotlandsdjupet historiskt varit det största och viktigaste^[9]. I takt med att syrefattiga områden breder ut sig i Egentliga Östersjön^[1] har dock två av tre områdena försvunnit som viktiga lekplatser för torsk. Sedan slutet på 1980-talet har torsklek nästan bara kunnat ske i Bornholmsbassängen^[10, 11].

Hittar hem

Beroende på salthaltsförhållanden och strömförhållanden kan torskens ägg och nykläckta larver stanna i området eller spridas till andra områden^[12-14]. Men precis som flera andra fiskarter söker den sig tillbaka till föräldrarnas lekområde när det är dags för lek^[15]. Vandringarna sker under en kort tid i samband med lekperioden, och torsken lämnar ofta områden som är födomässigt bättre. Detta visar att det verkligen är en aktiv vandring till lekområdet, och inte i första hand en vandring kopplad till födosök^[15].



Torsken letar sig tillbaks till föräldradjurens lekområde när det är dags för lek. Förekomst av torsk-larver har minskat påtagligt, och larverna hittas nu enbart i Bornholmsbassängen. Figur från Köster et al 2017.

Att torsken i Östersjön endast kan leka i några få djupområden anses idag klarlagt. Detta har tidigare diskuterats, eftersom det går att hitta lekmogen torsk även i andra områden. På 1920-talet gjordes undersökningar som visade lekmogen torsk så långt norrut som i Bottenhavet^[16]. Det spekulerades kring huruvida torsken kunde reproducera sig så långt norrut i Östersjön, men trots stor ansträngning hittades inga befruktade torskägg i området^[16]. Under senare tid har liknande undersökningar gjorts med torsk från Ålands hav, som även den varit lekmogen. Resultaten tyder på att även Ålandstorskens lekområden finns i de södra delarna av Östersjön, och att torskarna som finns runt Åland alltså vandrar söderut för att leka^[17]. En liknande situation finns också på västkusten, där torsk från Nordsjön växer upp vid kusten för att återvända till föräldrafiskarnas lekområde i utsjön för att leka^[15, 18].

Torsk i öster och väster

Torsken i Östersjön har med tiden blivit alltmer skild från Atlanttorsken. Torskbeståndet i Östersjön delas in i två populationer, den östra populationen öster om Bornholm, och den västra populationen i Arkonabassängen och Bälthavet^[3]. Det västra beståndet är genetiskt relativt enhetligt, men skiljer sig tydligt från det östra beståndet^[2, 3, 7]. Det går en gräns vid Bornholm, där torsken väster om Bornholm har ett visst utbyte med

Atlanttorsk, medan torsk från Östersjön öster om Bornholm i stort sett är isolerad från andra torskbestånd^[7, 19]. Torsk från både västra och östra beståndet kan leka i Arkonabassängen väster om Bornholm, men leken sker då vid olika tider^[10, 19].

Ekologisk barriär

För att genetiska skillnader ska uppstå mellan bestånd krävs någon slags barriär mellan bestånden, så att de olika delpopulationerna inte blandar sig med varandra^[20]. Ofta är denna barriär av fysisk karaktär, men mellan Östersjön och Atlanten finns ju inte någon sådan. Vatten flödar både ut ur och in i Östersjön från Atlanten, och med tanke på det finns ingen anledning att tro att inte torskarna i Östersjön fritt skulle blanda sig med Atlanttorsk. Eftersom torsklarver sprids med strömmarna till andra områden borde populationerna kunna blandas med varandra.

Vad består då barriären av i gränsen mellan Östersjön och Atlanten? Det verkar som om det är själva anpassningen till det bräckta vattnet som är den viktigaste förklaringen till att de olika populationerna skilts åt^[2, 3]. Det har tagit tid för torsken att anpassa sig till det allt mer utsötade vattnet, och det har inneburit så stora förändringar i torskens egenskaper att det bildats ett slags ekologisk barriär. Det är inte heller bara anatomiska anpassningar som skett. Den har även utvecklat en del anpassade beteenden, såsom skilda tider för lek. Östersjötorsken leker under andra tider och under en mer utsträckt period under året jämfört med torsk från Atlanten^[3, 21]. Att torsken letar sig tillbaka till föräldrarnas lekområde är även det en bidragande orsak till att olika delpopulationer av torsk isolerar sig från varandra^[15].

Forskningen har idag kommit så långt att man till och med kunnat identifiera de speciella gener som skiljer populationerna åt. Det visar sig vara fråga om gener som styr äggens flytförmåga och den osmotiska regleringen. Detta understryker att det är de speciella salt- och syreförhållandena i Östersjön som drivit på torskens anpassning och isolering från Atlanttorsken. Östersjötorsken kan idag betraktas som en egen, unik art^[2].

Beroende på salthaltsförhållanden och strömförhållanden kan torskens ägg och nykläckta larver stanna i området eller spridas till andra områden. Men precis som flera andra fiskarter söker den sig tillbaka till föräldrarnas lekområde när den vuxit upp och det är dags för lek.



Viktig roll i ekosystemet

Överst i näringskedjan

Östersjöns utsjöområden är artmässigt relativt enkla system som domineras av tre arter; torsk, skarpsill och strömming. Torsken är överst i näringsväven, och spelar en av huvudrollerna i ekosystemet^[22]. Den konkurrerar i stort sett enbart med människan om maten i utsjöområdena. Det finns lax i samma områden som teoretiskt skulle kunna konkurrera med torsken om maten, men antalet laxar är så mycket lägre att detta inte har någon betydelse för torsken^[8].

Som ung börjar torsken med att äta djurplankton, för att sedan gå över till att äta bottenlevande djur. Som vuxen lever torsken främst på planktonätande fisk, och även i viss mån på kräftdjur^[8]. I Östersjön innebär det att skarpsill och sill utgör den viktigaste födan. När torsken blir tillräckligt stor så är den också kannibal^[8, 10], vilket innebär att stor torsk äter liten torsk. Mer än hälften av en årsklass kan i vissa fall ätas upp av sina artfränder^[23].

När torsken blir tillräckligt stor så är den också kannibal, vilket innebär att stor torsk äter liten torsk. Mer än hälften av en årsklass kan i vissa fall ätas upp av sina artfränder. Denna kannibalism har en viktig reglerande funktion i torskpopulationen.



Foto: Tobias Dahlin/Azote

Som toppredator spelar torsken en mycket viktig strukturerande roll i det marina ekosystemet^[22]. Den håller populationerna av sill och skarpsill i balans, och drastiska förändringar i torskpopulationerna kan få effekter på alla underliggande nivåer i näringskedjan^[24].

Invecklade förhållanden

Speciellt för Östersjön är att den vuxna torskens bytesdjur kraftigt domineras av endast två arter, skarpsill och sill/strömming^[25]. Detta gör hela ekosystemet extra känsligt för förändringar^[8, 25-27].

De planktonätande bytesfiskarna utgör viktiga länkar i ekosystemet, och kopplar samman de översta delarna av födoväven med de lägsta^[27]. Förhållandet mellan torsken och dess bytesdjur är komplicerat. Torsken påverkar bytesfiskbestånden genom predation, men skarpsill och sill/strömming kan även påverka populationen av torsk, genom att äta torskens ägg och larver^[26, 28].

Torsken och sälen

Även om man ofta benämner torsken som toppredator finns det djur som äter torsk, och som därigenom befinner sig ännu högre upp i födoväven. Såväl sälar som vissa fågelarter äter stora mängder fisk, däribland torsk. Populationerna av de mer kustlevande fiskarterna såsom öring, lax, abborre och gädda, påverkas av sälarna och fåglarna. När det gäller torsk, strömming och skarpsill är dock uttaget från det kommersiella fisket mycket större än vad dessa djur äter, och populationerna av dessa fiskarter kan inte anses påverkade av vare sig sälars eller fåglars konsumtion^[29].

Vad som däremot kan tänkas påverka torskbestånden negativt är angrepp av parasiter, framförallt rundmaskarna *Pseudoterranova decipiens* (torskmask) och *Contracaecum osculatum*^[30]. *Pseudoterranova decipiens* är vanligast i muskulaturen, det vill säga själva fiskköttet, medan *Contracaecum osculatum* är vanligast i levern och andra organ.

Dessa parasiter har en komplicerad livscykel, där torsken är en av mellanvärdarna och sälen är slutvärd. Torsken får i sig parasiten genom att äta infekterade kräftdjur eller fisk^[30]. Det finns ett klart samband mellan förekomst av säl och i vilken grad torskarna är infekterade av parasiter^[31]. Parasiten är beroende av en viss salthalt i vattnet för att överleva, och har bara hittats mycket sporadiskt i de norra delarna av Östersjön^[32]. I de södra delarna, där torskbeståndet finns idag, verkar angreppen av torskmask öka i takt med att populationerna av gråsäl ökar^[31]. Kraftiga angrepp av parasiter leder till ett försämrat hälsotillstånd och en försämrad överlevnad hos torskarna^[30].



Foto: Sven-Gunnar Lunneryd

Parasiten torskmask angriper i första hand torskens muskulatur, det vill säga fiskköttet. Den är beroende av en viss salthalt, och finns därför mest i torsk från de södra delarna av Östersjön.

Även om sälpopulationerna ökar är deras konsumtion av torsk så mycket mindre än vad yrkesfisket tar ut, och sälens påverkan på torskbestånden är därför marginell. Det finns dock ett samband mellan antalet sälar och i vilken grad torsken är angripen av parasiter.

Foto: Tony Svensson/Azote



Torskfiske som påverkar

Förändringens århundrade

För Östersjöns ekosystem i stort, och för torskbeståndens utveckling i synnerhet, var 1900-talet ett dramatiskt århundrade. I början av 1900-talet var Östersjön ett näringsfattigt havsområde^[33]. Östersjöländernas fiske bedrevs i Nordsjön, och omfattningen av det kommersiella fisket efter torsk i Östersjön var liten. Jämfört med fisket i Nordsjön var Östersjöfisket inte heller lika tekniskt utvecklat. Exempelvis började inte trålning att användas i Östersjön förrän på 1920-talet, medan motordrivna trålare användes i Nordsjön redan på 1800-talet^[34].

På 1920-talet ökade intresset för fiske i Östersjön. Från början var trålarna små, och fisket inriktat på plattfisk, såsom skrubba och rödspätta. Men fångsterna av plattfisk gick ner under 1930-talet, och fisket inriktades istället på torsk. Trålarna blev större och mer anpassade för torskfiske^[34].

Under andra världskriget ökade fisket i Östersjön, medan fisket i Nordsjön mer eller mindre upphörde på grund av kriget. Tyskland flyttade av säkerhetsskäl fisket från Nordsjön och till Östersjön. Havsområdet hade rykte om sig att vara överfiskat efter att fisket efter plattfisket gått ner. Men i östra Östersjön fann man stora mängder torsk, varvid fisket snabbt började utvecklas. Fångsterna var fortfarande relativt små, ungefär fem gånger lägre än vad de skulle vara fyrtio år senare. Efter krigsslutet övertog Sovjetunionen fisket. I Danmark och Sverige kom torskfisket igång ordentligt först på 1950-talet^[34].

Upp som en sol...

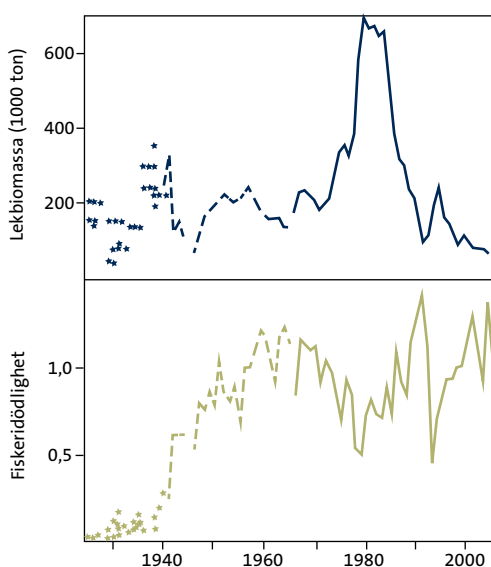
Uppgifter om torskpopulationernas storlek från denna tid är osäkra, men mycket tyder på att bestånden var ganska små ända till 1930-talet^[33, 35, 36]. På 1930-talet började populationen att växa, från början dock ganska långsamt. Från 1950-talet och framåt skedde en radikal ökning av torskbeståndet^[37], och ökningen kan kopplas till övergödningen av Östersjön^[33, 36]. Fisket fortsatte att utvecklas, och från 1950-talet och framåt har fisketrycket på Östersjötorsken varit högt^[34].

Från början gav alltså övergödningen positiva effekter på torskpopulationen^[34], vilket troligtvis bland annat förklaras av att torsklarverna fick näringsmässigt goda förutsättningar att överleva, och att skarpsill och strömming gynnades så att torsken fick gott om föda^[36]. Under 1980-talet nådde torskpopulationerna toppnoteringar. Varken förr eller senare har så stora torskpopulationer funnits i Östersjön.

...och ner som en pannkaka

Vartefter övergödningen fortskred började den dock leda till att syrehaltarna minskade i djuphållorna i Egentliga Östersjön^[1, 24, 33, 36]. De redan mycket begränsade lekområdena för torsken i Östersjön drabbades av syrebrist, och i slutet på 1980-talet hade tre lekområden för torsk reducerats till ett, Bornholmsbassängen^[10, 38].

Samtidigt fortsatte det omfattande fisket efter torsk i stora delar av Östersjön. De historiskt stora torskpopulationerna kraschade inom loppet av några år, och beståndsstorleken var i mitten på 1990-talet endast en tiondel av 80-talets nivåer^[37]. Det finns ett stort antal studier kring vad som hände, och vad det fick för effekter i ekosystemet. Att den främsta orsaken var ett överfiske i kombination med ett försämrat miljötillstånd anses numera klarlagt^[22].



Mängden torsk slog alla rekord i början på 1980-talet. Därefter minskade bestånden radikalt. Trots nedgången fortsatte fisket efter torsk i Östersjön, och andelen torsk som dog i fisket fortsatte att vara hög. Figur från Eero et al 2008.

Rubbad balans

Sedan länge har populationerna av torsk främst reglerats av fisket, och torskpopulationerna har minskat i hela Östersjön^[39, 40]. Det faktum att det även fiskats hårt på torskens föda, skarpsill och sill/strömming, har bidragit till att balansen har rubbats. När mängden torsk i Östersjön är stor kan torsken exempelvis reglera populationerna av den djurplanktonätande skarpsillen. Skarpsillspopulationerna kan variera kraftigt mellan år, men starka torskbestånd har förmåga att parera för svängningar i skarpsillspopulationerna, så att djurplanktonsamhällets storlek och sammansättning hålls i balans. Om torsken försvinner kan detta sättas ur spel.

Effekter i hela näringskedjan

Balansen i ekosystemet är känslig för störningar, och torsken har en mycket viktig reglerande funktion i näringsväven^[22, 24, 41]. Ett hårt uttag av torsk påverkar hela födoväven, och kan i Östersjön ha bidragit till att ekosystemet genomgått stora förändringar^[22, 41]. Eftersom olika stora torskarter äter olika byten har storleksfördelningen i torskbestånden stor betydelse för hur torsken strukturerar födoväven.

Förändringarna kan märkas ända ner på algnivå. På västkusten har det visats att den ökade påväxten av trådformiga alger på fleråriga makroalger till viss del kan förklaras av ett minskat torskbestånd^[42]. I vissa områden har torskens radikala minskning haft lika stor övergödningseffekt som näringsbelastningen^[43].

Rovfiskar ofta i fara

Att stora rovfiskar fiskas ut är tyvärr ingen ovanlig förekomst i marina ekosystem. Hela 90 procent av världshavens biomassa av toppredatorer har försvunnit jämfört med tiden före industrialiseringen^[44]. Det industriella fisket riktas ofta inledningsvis mot de fiskar som är överst i näringskedjan. Vartefter dessa populationer försvinner riktar man om intresset mot lägre och lägre nivåer i näringskedjan^[45]. Detta kan få stora konsekvenser för ekosystemets funktion^[44, 45]. I Östersjön har det inneburit att fisket efter skarpsill och sill/strömming numera är det största fisket, både vad gäller mängd fisk och ekonomi^[12].



Foto: Jerker Lokrantz/Azote

Torsken har en viktig roll som toppredator i näringsväven. När balansen rubbas kan det exempelvis få effekt på djurplanktonsamhällets storlek och sammansättning.

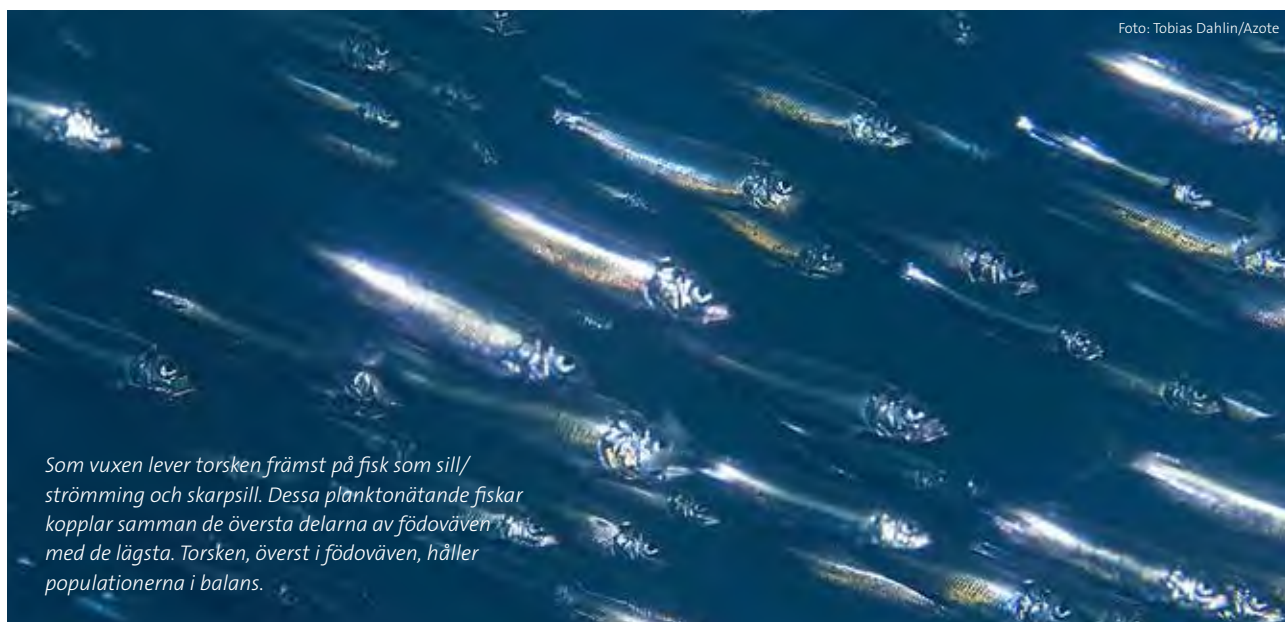


Foto: Tobias Dahlin/Azote

Som vuxen lever torsken främst på fisk som sill/strömming och skarpsill. Dessa planktonätande fiskar kopplar samman de översta delarna av födoväven med de lägsta. Torsken, överst i födoväven, håller populationerna i balans.

Torskbestånd i kris

Återhämtning som gått snett

Efter årtionden av alltför hårt fiske på framförallt det östra torskbeståndet i Östersjön har åtgärder satts in, och mätningar visar att bestånden till en början återhämtade sig^[10, 23, 33]. Förutom att begränsa fisket genom att sätta kvoter har det viktigaste verktyget för att komma till rätta med problemen med svaga bestånd varit att kraftigt selektera för stora individer i fisket. Bottenrålfsfiske är den fiskemetod som helt dominerar i området, och man har utvecklat nät med så stora maskor att små individer ska kunna slinka igenom. Tanken har varit att skona den del av bestånden som ännu inte hunnit reproducera sig, för att på så sätt stärka bestånden^[46].

Det finns dock ett stort problem med denna metod. Den starka selektionen har lett till en onaturlig storleksfördelning i bestånden. Mängden liten torsk har ökat radikalt, medan mängden större torsk har minskat^[11, 23, 47]. Det innebär att konkurrensen om den föda som de små torskarna äter ökar.

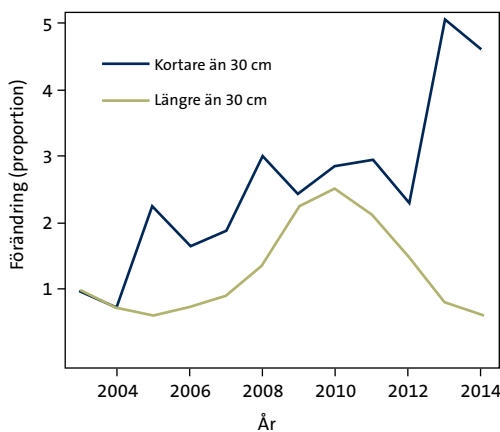
Tusenbröder

Den återhämtning som blivit effekten av ett minskat fisketryck har alltså drivit iväg åt ett oönskat håll. Eftersom det storleksselektiva fisket fortsatt under återhämtningsfasen har de små individerna som undgått uppfiskning blivit många. Onaturligt många individer av samma storleksklass konkurrerar om samma typ av föda, och den interna konkurrensen om födan som uppstår hämmar tillväxten i bestånden och hindrar de små torskarna från att växa sig stora^[11, 23, 46, 47]. Detta kallas i vardagslag för tusenbrödraskap. Situationen förvärras i hög grad av att de stora kannibalistiska individerna, som normalt bidrar till en balanserad storleksstruktur i bestånden, är borta^[22, 23].

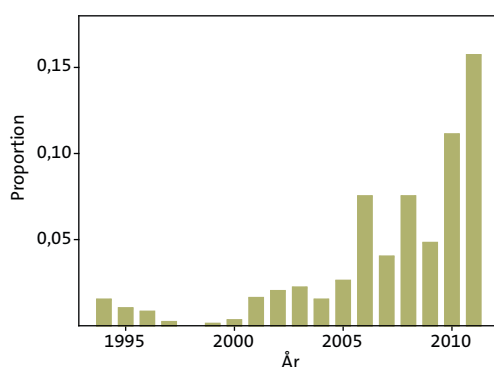
Man skulle kunna förvänta sig att den täta populationen expanderar sin utbredning till nya områden. Det verkar dock inte vara fallet med det östra torskbeståndet, som håller sig inom ett begränsat område i de södra delarna av Östersjön^[48]. Spridningen av torsk sker främst genom att ägg och larver följer med strömmar till nya områden^[49]. De vuxna torskarna som sökt sig tillbaka till lekområdet verkar inte vara särskilt vandringsbenägna. I och med att konditionen hos Östersjötorsken är dålig blir troligtvis benägenheten att simma iväg till nya områden ännu mindre. De lokala populationerna som tidigare reproducerade sig i exempelvis Gotlandsdjupet har redan slagits ut^[47], och därigenom så försvann också en stor del av de torskarna som tidigare spreds från Gotlandsdjupet norrut mot Bottniska viken och Rigabukten^[50, 51].

Kritiskt tillstånd

De senaste åren har också konditionen hos torsken i det östra beståndet försämrats^[23, 51, 52]. Problemen verkar i första hand orsakas av brist på föda i kombination med en försämrad syresituation^[47, 52]. Skarpsillsbestånden är betydligt starkare i de nordliga delarna av Egentliga Östersjön, där torsken inte längre finns^[51]. I de södra delarna är skarpsillsbestånden betydligt svagare, och det pågår ett fiske efter skarpsill som kan bidra till att torskarna svälter. Alltför låga syrehalter slår ut de bottenlevande kräftdjuren som torsken kan äta^[47, 52]. En stor andel av torskarna är också angripna av parasiter^[31]. Tillståndet för Östersjöns torskbestånd är kritiskt.



Storleksselektionen i trålfisket har lett till en snedfördelning i storlekarna i torskbestånden. Medan de små torskarna har ökat har de stora torskarna i det närmaste försvunnit. Figuren visar förändring i biomassan stora respektive små torskarna jämfört med år 2003 i centrala Östersjön. Figuren omritad från Eero et al 2015.



En återhämtning som gått snett. Under senare år har torskbeståndet ansetts vara på väg att återhämta sig. De är dock i dålig kondition, och det finns tydliga tecken på svält. Figuren visar andelen (i procent) av stora torsk som är i dålig kondition. Figur omritad från Eero et al 2012.

Förödande trålfiske

Effektiv metod

Trålning är den helt dominerande fiskemetoden för torsk i Östersjön. Det är i huvudsak bottentrålar som används, men även flyttrålar i viss omfattning^[53]. Trålning är en aktiv och mycket effektiv fiskemetod, som bygger på att fartyget drar en nätkasse, trål, genom vattnet. Fisken som befinner sig i trålens öppning fångas, passerar trålens mittdel och pressas mot kassens bakre del.

Fisket bedrivs i de södra och centrala delarna av Östersjön på både de västra och de östra torskbestånden. För Sveriges del fiskas det betydligt mer på det östra beståndet jämfört med det västra^[53]. Fångsterna av torsk från trålfisket i Östersjön låg på mellan 100 000 och 200 000 ton från 1960-talet och fram till slutet på 1970-talet. Fångsterna ökade, och nådde sin toppnotering, 400 000 ton, år 1984. Fångsterna minskade därefter radikalt. Från 1994 fångades runt 100 000 ton, och i mitten av 2000-talet låg siffran på drygt 50 000 ton. Sedan 2013 har fångsterna legat på 30 000 ton per år^[19]. I det svenska trålfisket på det östra beståndet landades 2017 cirka 4 400 ton, till ett ekonomiskt värde av cirka 42 miljoner kronor^[12].

Den största delen av trålfiske i Östersjön utgörs dock av fiske efter foderfisk. I detta fiske är man i första hand ute efter sill/strömming och skarp-sill, och fångsterna går till framställning av fiskmjöl och fiskolja för djurproduktion. Fångsten sorteras inte, och även andra arter fångas. Redovisningen av bifångster, alltså fångst av andra arter än den art man ämnade fiska, är mycket osäker. Andelen av fångsten som utgörs av bifångst kan i vissa områden vara så mycket som 40 procent^[54].

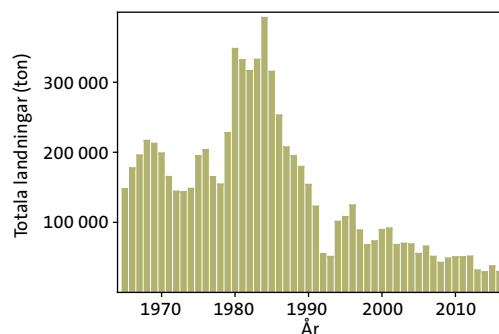
Omfattningen av fisket efter foderfisk i Östersjön har under 2000-talet legat på cirka 600 000 ton per år^[12]. Det svenska fisket i Östersjön fångar cirka 100 000 ton foderfisk per år, till ett värde av cirka 200 miljoner kronor^[12].

Ekologiskt ohållbart

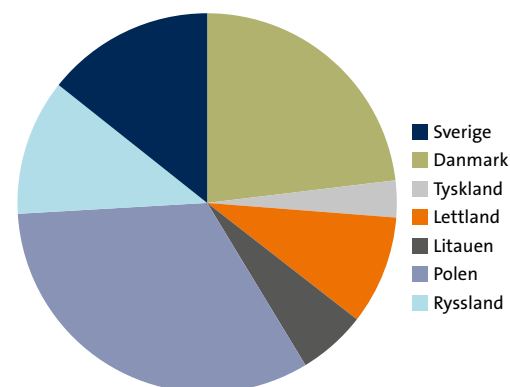
Ur ett hållbarhetsperspektiv finns det stora nackdelar med trålning. Metoden är effektiv, men dödar det mesta av fångsten. Tidigare kastades en del av fångsten tillbaka, för att fisken var för liten eller i för dålig kondition. Idag är detta förbjudet, men eftersom en stor del av fisken som tidigare kastades tillbaka ändå är död kommer detta förbud att ha ringa betydelse för torskbeståndet.

Den storleksselektion som sker vid trålning kombinerat med metodens effektivitet leder till att det kvarvarande beståndet får en onaturligt sned fördelning vad gäller storlek och ålder. Som tidigare nämnts får detta stora konsekvenser för ekosystemet i Östersjön i allmänhet och torskbeståndet i synnerhet.

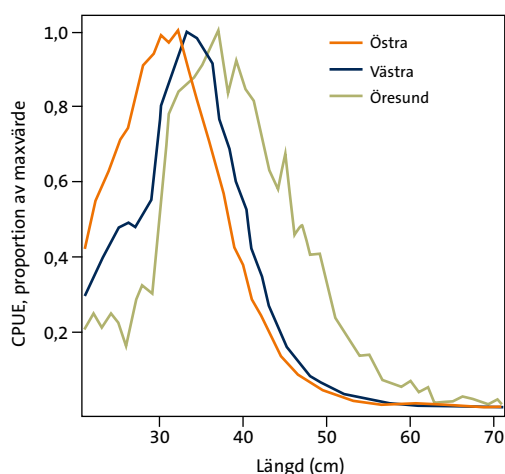
Bottentrålningen är inte bara negativ för torskbestånden, den har även en kraftig påverkan på andra delar av det marina ekosystemet. Sedimenten komprimeras, blandas, förflyttas och slammas upp. Bottenstrukturer förstörs och bottenlevande djur slås ut. Effekten är som allra störst första gången en trål släpas över botten. De känsligaste arterna slås då ut, och mer toleranta arter som eventuellt klarar upprepad trålning finns kvar^[55]. I områden som är utsatta för bottentrålning förändras ekosystemet, och de negativa effekterna på torskbeståndet är både direkta och indirekta^[55].



Fångsterna av torsk i Östersjön låg på mellan 100 000 och 200 000 ton i Östersjön från 1960-talet och till 1980-talet då de ökade markant. Efter toppnoteringen 1984 minskade fångsterna radikalt, och idag ligger de på runt 30 000 ton. Figuren anger landningar från samtliga länder som bedriver fiske i Östersjön. Data från Ices (2017).



År 2016 landades det totalt 29 313 ton Östersjötorsk, vilket är en bottennotering. Det är många som ska dela på kakan, och EU reglerar hur fisket fördelas mellan länderna. I figuren saknas Estland och Finland, som har jämförelsevis mycket små fångster. Data från Ices (2017).



Storleksfördelningen i de östra och västra bestånden har förändrats som en effekt av det storleksselektiva trålfiske. Torskarna är generellt mindre, och det finns i stort sett inga stora torsk kvar. I Öresund är situationen en annan, och det finns även stora torsk i beståndet. I Öresund har trålfiske varit förbjudet sedan 1930-talet. Figur omritad från Svedäng & Hornborg 2017.



Foto: Martin Almqvist/Azote

Trålning är en aktiv och mycket effektiv fiskemetod, som bygger på att fartyget drar en nätkasse, trål, genom vattnet. Fisken som befinner sig i trållens öppning fångas, passerar trållens mittdel och pressas mot kassens bakre del.

I Öresund råder trållningsförbud, men här pågår ändå ett relativt intensivt fiske med andra metoder. Småskaligt fiske med garn och krok genererar tillsammans med sportfiske i området fångster till ett värde av ungefär en tredjedel av hela torskfiske i resterande Östersjön.

Ett gott exempel ...

I Öresund infördes ett trållningsförbud så tidigt som 1932. Motivet till förbudet hade ingenting med omsorg om ekosystemet att göra, utan handlade om att området var så kraftigt trafikerat att trållningen hotade sjösäkerheten. I området pågår ändå ett relativt intensivt fiske, men med andra metoder. Det småskaliga fisket med garn och krok genererar tillsammans med sportfiske i området fångster till ett värde av ungefär en tredjedel av hela torskfiske i resterande Östersjön. Fisketurismen är väl utbyggd i området^[56].

Hur ser då torskbestånden i Öresund ut? Det har gjorts en rad olika undersökningar, som alla visar på ett välmående torskbestånd med en mycket mer naturlig storleksfördelning jämfört med övriga delar av Östersjön. Bestånden av såväl torsk som annan bottenlevande fisk är täta, stora torsk är relativt vanliga, och torskarna är i god kondition. Det finns inga tecken på trängseffekter eller svält.

Öresund är omgivet av ett av de mest tätbefolkade områdena i Skandinavien, och är varken mer ostört eller renare än omgivande områden. Skillnaden mellan Öresund och angränsande områden är frånvaron av trålfiske i Öresund^[23, 56].

... och ett dåligt

Om man riktar blickarna till den andra ändan av torskens utbredningsområde i Atlanten, utanför Kanadas kust, hittar vi det vidsträckta grundområdet Grand Banks. Området har haft så goda förutsättningar för fiske att fiskeflottor från Europa gjorde sig besväret att ta sig dit för att fiska redan på 1500-talet^[57]. När trålning började användas i början av 1900-talet ökade fångsterna kraftigt. I slutet på 1960-talet nåddes toppnoteringar i fångsterna, men sedan sjönk de. I slutet av 1980-talet kollapsade bestånden totalt, och 1991 förbjöds allt fiske i området. Vid det laget fanns bara en procent av 1960-talets torskbestånd kvar.

Det har i efterhand konstaterats att orsaken till kraschen var överfiske i kombination med låg tillväxt i bestånden. Det har tagit nästan 30 år innan torskbestånden i området visat tecken på återhämtning. Utvecklingen av torskbestånden på Grand Banks har stora liknelser med den i Östersjön. Precis som på Grand Banks på 1960-talet har dagens bestånd av Östersjötorsk låg tillväxt och är utsatta för ett högt fisketryck. Även torskbestånden på Grand Banks var kraftigt snedfördelade vad gäller storlek och ålder strax innan dessa bestånd kraschade^[23]. Vad kan vi lära av historien?



Foto: Hasse Dahlgren/Azote

Ekonomiskt fiske

Enkelt samband satt ur spel

Stora delar av fiskbestånden i Östersjön är överfiskade. Idag är inte bara torskbestånden i fara. Även fiskeindustrin riskerar att slås ut av dålig lönsamhet i fisket^[58].

Detta kan vid en första anblick verka märkligt, eftersom man så uppenbart sågar av den gren man sitter på. I grunden finns ett enkelt samband: ett ökat fiske ger ökad fångst, vilket i längden leder till minskade bestånd^[44]. Med detta resonemang borde fisket reglera sig själv, och minska när bestånden börjar bli alltför glesa. Det finns dock en rad omständigheter som försvårar situationen, och som gör att den naturliga regleringen sätts ur spel^[58, 59].

Vem äger fisken?

Fisken i våra hav rör sig över nationsgränserna. Fiskeindustrin hanterar en begränsad resurs, och ett överutnyttjande kommer alltid i längden att leda till att resursen förstörs. Men vattnen har inga ägare, och den enskilda fiskaren har svårt att ta hänsyn till att just hans uttag kan leda till mindre fångster och högre kostnader för fiskeindustrin som helhet. Vad som är ett rationellt beslut för en enskild fiskare kan vara helt förkastligt ur en kollektiv synvinkel. Detta gör det uppenbart att fisket måste regleras från en övergripande nivå.

Oftast är det flera länder som delar på resursen, och EU stiftar lagar inom den gemensamma fiskeripolitiken som reglerar hur fiskeflottorna ska förvaltas så att fiskbestånden bevaras. Jämfört med fiskenationer som Island och Norge har dock fiskefrågorna inom EU ganska låg prioritet. Intresset för dessa frågor är också lågt bland allmänheten, vilket lämnar öppet för en stark lobbyverksamhet från fiskeindustrins sida^[58].

Det är problematiskt att förvaltningen främst utgår från yrkesfiskarnas intressen. Förutom sportfiskare så finns det många som är intresserade av ett ekosystem i balans. Ett livskraftigt rovfiskbestånd ger också större mängd fisk vid kusten, vilket gynnar socioekonomisk tillväxt i kustnära samhällen på flera sätt. Detta vägs dock inte in i förvaltningsprocessen.

Teknik på gott och ont

Fisk lever inte heller jämnt fördelade i havsområdena, utan är mer eller mindre aggregerade i stim. Med modern teknik får yrkesfiskarna möjlighet att söka reda på dessa stim, och utnyttjandet av resursen blir effektivare än om det varit fråga om att skörda en jämt fördelad resurs. Hur inkomstbringande fisket kommer att vara hänger ihop med hur effektiv fiskaren kan vara i jämförelse med sina fiskande kollegor. Detta driver på den tekniska utvecklingen mot en högre och högre effektivitet i fisket, vilket ökar risken för överfiske och utarmning av fiskbestånden^[58].

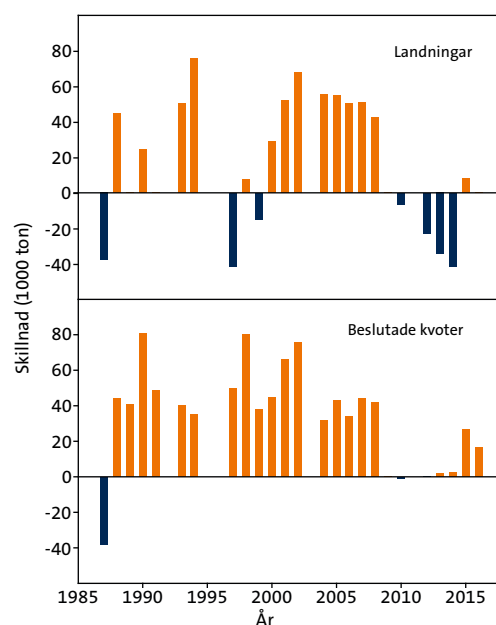
Ekologin komplicerar

Att torskpopulationen består av flera, genetiskt skilda delpopulationer komplicerar bevarandemodellerna, men är mycket viktigt att ta hänsyn till vid förvaltning av fiskbestånden^[7, 58]. Det är exempelvis på inget sätt självklart att ett starkt bestånd i ett område av Östersjön kan sprida sig till områden där populationerna redan slagits ut^[38].

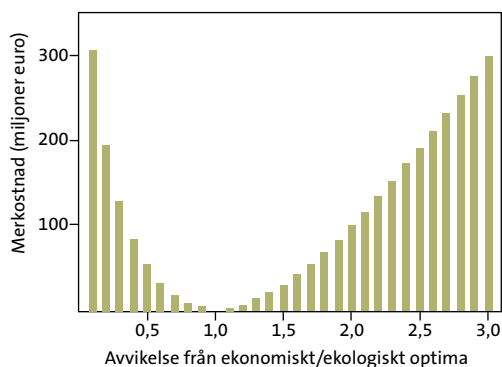


Foto: Jesper Östlund/Azote

Det system för fiskereglering som tillämpas inom EU ger varje enskild fiskare incitament att fiska så mycket som möjligt på så kort tid som möjligt. Eftersom fisken betingar ett högre värde om den kan säljas färsk leder systemet till en total värdeminskning jämfört med om fisket varit mer jämnt fördelat under året.



Figuren visar hur beslutade kvoter och faktiska landningar skiljer sig från de nivåer som Ices har rekommenderat för det östra torskbeståndet i Östersjön. Både de beslutade kvoterna och de faktiska landningarna har sedan mitten av 1980-talet mer eller mindre regelmässigt överskridit Ices rekommendationer. Data från Ices (2017).



Dagens fiskeförvaltning bidrar inte bara till svaga fiskbestånd, utan även till ett olönsamt fiske. Ju längre ifrån det ekonomiska optimalt fångsten ligger, desto dyrare blir det. Även ett underfiske innebär ökade kostnader, framförallt för konsumenten som betalar dyrt för fisk som förekommer sparsamt i fiskdisken. Figuren omritad från Voss (2017).

Dagens förvaltningsmodell slår fel

EU använder sig i första hand av fiskekvoter som ett verktyg för att reglera fångstmängder^[60]. Man beslutar varje år om den totala tillåtna fångstmängden för varje enskild fiskart, och systemet bygger på att optimera fångsterna inom ramarna för vad som räknas som hållbara uttag^[60]. Detta ger varje enskild fiskare incitament att fiska så mycket som möjligt på så kort tid som möjligt. Det är helt enkelt ”först till kvarn” som gäller^[58].

Detta får flera negativa följder. Fisket utförs effektivt under en kort tid, vilket gör att färsk fisk som har ett högt försäljningsvärde endast finns att tillgå under en begränsad tid. Totalt sett minskar detta värdet på den fångade fisken. Fiskefartygen används endast under en kort tid, vilket ger yrkesfiskarna anledning att söka sig till andra vatten för att fiska. Dessutom skapas en press att höja kvoterna.

Detta har varit en bidragande orsak till att de fastställda kvoterna legat högre än vad som rekommenderats av fiskbiologer^[58]. De senaste 15 åren har de beslutade kvoterna i genomsnitt legat 20 procent över den nivå som rekommenderats av Ices^[60].

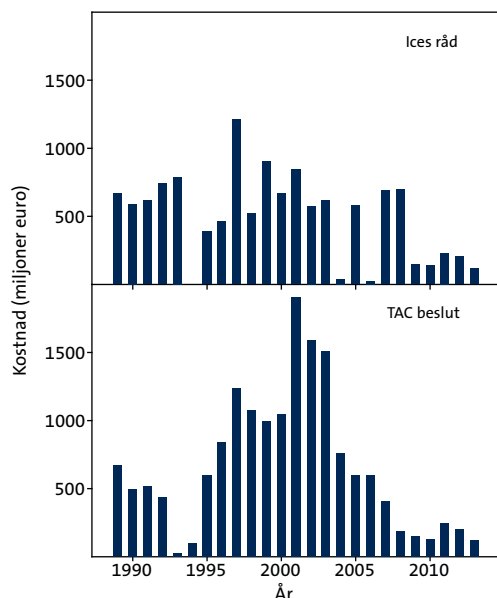
Liten lättnad ger stor vinst

EU-länderna har kommit överens om att sträva efter att hålla sig till vad som betecknas som ett maximalt hållbart uttag (MSY, Maximum Sustainable Yield). Definitionen av begreppet är att man inte ska fånga mer av ett visst bestånd än att det kan återhämta sig till nästa år. Men den MSY-orienterade förvaltningen är i praktiken inriktad på att inte någon potentiell fångst ska lämnas oexploaterad, och tar inte hänsyn till att kostnaderna för fisket ökar när bestånden glesnar. Den bortser också från ekologiska aspekter, såsom åldersfördelning i beståndet, beståndets kondition, artens interaktioner med andra arter och att miljön är föränderlig^[46, 58, 59]. När begreppet MSY infördes i förvaltningen gjordes detta alltså utan att ta hänsyn till vare sig ekonomiska eller ekologiska aspekter^[46, 59]. Det har sanktionerats av FN^[61], men har också mött hård kritik från många håll^[59].

Ett av problemen med denna förvaltningsmodell är att innanhavet Östersjön kan fluktuera kraftigt i miljöbetingelser jämfört med öppna hav. Beroende på om det skett omfattande saltvatteninbrott eller inte så kan livsbetingelserna för torsken variera. Det ställer stora krav på att förvaltningen arbetar med rejäla säkerhetsmarginaler så att bestånden kan vara stabila över tid.

För att optimera vinsten av fisket krävs istället en annan modell, där hållbarhetsberäkningarna inkluderar de ekologiska aspekterna och har ett mer långsiktigt perspektiv. Samarbete mellan biologer och ekonomer har genererat en ny modell, där man inom gränserna för långsiktig hållbarhet kan optimera den ekonomiska vinsten av fisket. Denna nivå betecknas MEY, Maximum Economic Yield^[58, 59].

Genom att minska på fiskeansträngningen så att fiskbestånden hålls på en högre nivå kan den ekonomiska vinsten i fisket optimeras. En liten lättnad i fisketrycket kan med andra ord ge en stor förbättring i såväl ekonomin i fisket som tillståndet i fiskbestånden^[58]. Kostnaderna för att inte tillämpa denna strategi inom fiskeförvaltningen har varit stora^[59]. Med en fiskeindustri i ekonomisk kris och ett ekosystem på fall kan det vara dags att tänka om.



Det kostar att göra fel. Oavsett om man räknar på att följa Ices råd eller de beslutade kvoterna blir kostnaderna höga jämfört med att optimera fisket ekonomiskt enligt modellen för MEY. Figuren visar vad dessa kostnader varit för varje respektive år från 1989 till 2013. Figuren omritad från Voss (2017).

Att rädda torsken

Osäker åldersbestämning

För att göra rätt bedömningar inom förvaltningen krävs stor kunskap om beståndens tillstånd, och enligt gängse metod så görs det på bas av mängd fisk inom olika åldersklasser. Ett problem med Östersjötorsken är att fiskarna är svåra att åldersbestämma^[62]. Åldersbestämningen görs genom att man räknar årsringar på hörselstenarna, de så kallade otoliterna. Östersjötorskens otoliter är mer diffusa än Atlanttorskens, vilket försvårar åldersbestämningen. Det hänger troligtvis samman med de speciella miljöförhållandena som råder i Östersjön, årstidsvariationer i torskens föda, och att den utdragna reproduktionsperioden gör att torskar från samma år kan ha kläckts vid vitt skilda tidpunkter^[47, 62].

Under senare år har det påvisats stora skillnader i åldersbestämning av torsk mellan olika länder runt Östersjön. Den försämrade konditionen har troligtvis förvärrat problemet. Detta innebär att osäkerheten kring åldersbestämningarna, och därmed även tillståndsbedömningen, av Östersjötorsk har ökat avsevärt, och detta under en period när den skulle ha behövts som allra mest^[47]. Nya metoder för att lösa problemet är under utveckling. Informationen om beståndet är i dagsläget mycket bristfällig, vilket gör bedömningarna osäkra^[47].

Ekosystembaserad förvaltning

Förvaltningen av fisk har traditionellt grundats på att man hanterat enskilda bestånd var för sig^[63]. Idag vet man att alla delar av ekosystemet påverkar varandra, och man strävar därför mot att tillämpa en ekosystembaserad förvaltning av fiskbestånden^[64]. Detta kräver stor kunskap om både de enskilda bestånden och om hela ekosystemet. Förvaltningen måste ta hänsyn till processer, interaktioner och förändringar som sker i ekosystemet.

När det gäller att återställa ett bestånd av toppredatorer, såsom torsk, kan det exempelvis vara mycket viktigt att även inkludera strategier för förvaltning av toppredatorns bytesdjur. Att förvalta bestånden av skarpsill väl kan vara helt avgörande för torskens återhämtning. Det kan innebära att kraftigt minska eller upphöra med fiske efter skarpsill och sill/strömning i de områden där torskbestånden nu finns koncentrerade.

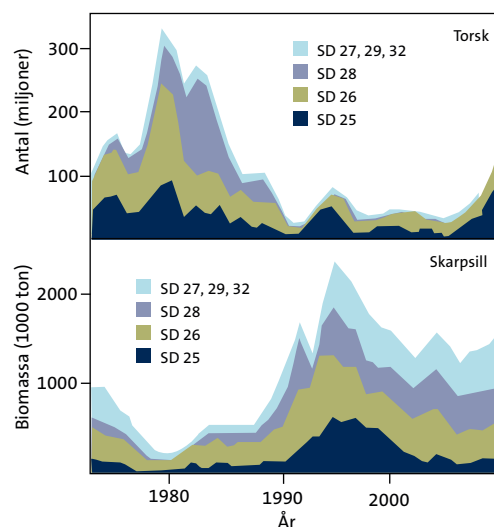
Ekosystemen förändras, och utan ett långtidsperspektiv riskerar man att använda ett redan påverkat tillstånd som referens^[37, 44]. Att många toppredatorer försvunnit eller minskat påverkar hur ekosystemet fungerar. Torsken var kraftigt utfiskad under 20 år, och under den tiden genomgick ekosystemet i Östersjön stora förändringar. Därför är utgångspunkten en annan nu än tidigare.

Östersjön kommer också att förändras i framtiden. Den utsötning som förväntas som ett resultat av klimatförändringarna kommer att göra det ännu svårare för torsken att reproducera sig. Men torsken är anpassningsbar, och det är inte omöjligt att den skulle kunna anpassa sig till en ännu mer utsötad miljö. Med dagens situation för torsken i Östersjön tvingas bestånden anpassa sig till hur och hur mycket vi fiskar, på bekostnad av beståndens möjlighet att anpassa sig till den föränderliga havsmiljön. Istället för att underlätta anpassningen av Östersjöns torskbestånd till en klimatförändrad Östersjö har mänsklig verksamhet satt torskbestånden under hård press.



Foto: Gunnar Aneer/Azote

Åldersbestämningen görs genom att man räknar årsringar på hörselstenarna, de så kallade otoliterna. Östersjötorskens otoliter är mer diffusa än Atlanttorskens, vilket försvårar åldersbestämningen.



När torskbestånden minskade på 1990-talet ökade skarpsillsbestånden. Problemet är att skarpsillen till stor del finns i den norra delen av Östersjön, medan torsken finns i den södra delen. Där torsken finns pågår ett omfattande fiske efter skarpsill. De olika färgerna anger områden enligt Ices. Figur omritad från Eero et al 2012.

Orsaker behöver klarläggas

Torskbeståndets tillstånd i Östersjön är mycket dåligt. Både biomassan och tillväxten minskar, och fiskarnas kondition och hälsotillstånd är dåligt. Det är dags att handla, och vi måste handla snabbt. Annars riskerar det kvarvarande beståndet i Bornholmsdjupet att slås ut på samma sätt som bestånden i Gotlands- och Gdanskdjupet. Beståndet har utvecklats under lång tid, är genetiskt unikt och är i princip att betrakta som en egen art. Om det slås ut kommer det inte gå att ersätta.

Det pågår ett utvecklingsarbete som syftar till att göra förvaltningsmodellerna mer anpassade efter både de ekologiska och ekonomiska förutsättningarna. Detta kommer att vara synnerligen viktigt för Östersjön, med sin variabla och unika brackvattensmiljö. Att återfå en långsiktigt bärkraftig ekonomi i torskfisket i Östersjön är fullt möjligt, men det kräver att förvaltningen lägger stor vikt vid de ekologiska förutsättningarna, hanterar frågorna i ett längre tidsperspektiv och respekterar den rådgivning som grundar sig på vetenskapliga studier.

Men att genomföra stora förändringar i fiskeförvaltningen är en lång process, och torsken har inte tid att vänta. För att få tillbaka stabila, väl fungerande torskbestånd krävs radikala åtgärder. Den snedfördelade storleksstrukturen måste återgå till en mer naturlig sådan, så att framtida torskpopulationer består av såväl små som stora individer.

Vad som har orsakat nuvarande situation finns det delade meningar om, och det skulle behövas en snabb och genomgripande vetenskaplig utvärdering för att klarlägga hur syrgasbrist, fiske eller annan miljöstörning kan ha bidragit till den nuvarande situationen. Först när det går att visa på vad som orsakat läget för torsken går det att införa effektiva åtgärder. Att agera nu ger möjligheter till en framtida, väl fungerande Östersjö, där torsken återigen spelar en av huvudrollerna.



Referenser

1. Zillén, L., et al., Past occurrences of hypoxia in the Baltic Sea and the role of climate variability, environmental change and human impact. *Earth-Science Reviews*, 2008. 91(1): p. 77-92.
2. Berg, P.R., et al., Adaptation to Low Salinity Promotes Genomic Divergence in Atlantic Cod (*Gadus morhua* L.). *Genome Biology and Evolution*, 2015. 7(6): p. 1644-1663.
3. Nissling, A. and L. Westin, Salinity requirements for successful spawning of Baltic and Belt Sea cod and the potential for cod stock interactions in the Baltic Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 1997. 152(1-3): p. 261-271.
4. Nissling, A., H. Kryvi, and L. Vallin, Variation in egg buoyancy of Baltic cod *Gadus morhua* and its implications for egg survival in prevailing conditions in the Baltic Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 1994. 110(1): p. 67-74.
5. Westin, L. and A. Nissling, Effects of salinity on spermatozoa motility, percentage of fertilized eggs and egg development of Baltic cod, *Gadus morhua*, and implications for cod stock fluctuations in the Baltic. *Marine Biology*, 1991. 108(1): p. 5-9.
6. Johannesson, K. and C. Andre, Life on the margin: genetic isolation and diversity loss in a peripheral marine ecosystem, the Baltic Sea. *Molecular Ecology*, 2006. 15(8): p. 2013-2029.
7. Poćwierz-Kotus, A., et al., Genetic differentiation of brackish water populations of cod *Gadus morhua* in the southern Baltic, inferred from genotyping using SNP-arrays. *Marine Genomics*, 2015. 19: p. 17-22.
8. Link, J.S., et al., Trophic role of Atlantic cod in the ecosystem. *Fish and Fisheries*, 2009. 10(1): p. 58-87.
9. Plikshs, M., et al., Reproduction of Baltic cod, *Gadus morhua* (Actinopterygii: Gadiformes: Gadidae), in the Gotland basin: Causes of annual variability. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria*, 2015. 45(3): p. 247-258.
10. Köster, F.W., et al., Eastern Baltic cod recruitment revisited — dynamics and impacting factors. *ICES Journal of Marine Science*, 2017. 74(1): p. 3-19.
11. Svedäng, H. and S. Hornborg, Waiting for a flourishing Baltic cod (*Gadus morhua*) fishery that never comes: old truths and new perspectives. *ICES Journal of Marine Science*, 2015. 72(8): p. 2197-2208.
12. HaV, Fisk- och skaldjursbestånd i hav och sötvatten 2017. Resursöversikt, H.-o. vattenmyndigheten, Editor. 2018.
13. Pacariz, S., et al., A model study of the large-scale transport of fish eggs in the Kattegat in relation to egg density. *ICES Journal of Marine Science*, 2014. 71(2): p. 345-355.
14. Pacariz, S., G. Björk, and H. Svedäng, Interannual variability in the transport of fish eggs in the Kattegat and Öresund. *ICES Journal of Marine Science*, 2014. 71(7): p. 1706-1716.
15. Svedang, H., D. Righton, and P. Jonsson, Migratory behaviour of Atlantic cod *Gadus morhua*: natal homing is the prime stock-separating mechanism. *Marine Ecology Progress Series*, 2007. 345: p. 1-12.
16. Hessel, C., Undersökningar rörande torskens (*Gadus callaris* L.) i mel-lersta Östersjön och Bottenhavet. Meddelande från Kungliga Lantbruksstyrelsen, 1923. 273: p. 19-74.
17. Bergström, U., et al., Genetisk undersökning av torsk från Ålands hav, in Projekttrapport. 2015, BalticSea2020.
18. André, C., et al., Population structure in Atlantic cod in the eastern North Sea-Skagerrak-Kattegat: early life stage dispersal and adult migration. *BMC Research Notes*, 2016. 9(1): p. 63.
19. ICES, Cod in the Baltic Sea, in ICES WGBFAS Report 2017.
20. Barth, J.M.I., et al., Genome architecture enables local adaptation of Atlantic cod despite high connectivity. *Molecular Ecology*, 2017. 26(17): p. 4452-4466.
21. Wieland, K., A. Jarre-Teichmann, and K. Horbowa, Changes in the timing of spawning of Baltic cod: possible causes and implications for recruitment. *Ices Journal of Marine Science*, 2000. 57(2): p. 452-464.
22. Casini, M., et al., Trophic cascades promote threshold-like shifts in pelagic marine ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2009. 106(1): p. 197-202.
23. Svedäng, H. and S. Hornborg, Historic changes in length distributions of three Baltic cod (*Gadus morhua*) stocks: Evidence of growth retardation. *Ecology and Evolution*, 2017. 7(16): p. 6089-6102.
24. Österblom, H., et al., Human-induced Trophic Cascades and Ecological Regime Shifts in the Baltic Sea. *Ecosystems*, 2007. 10(6): p. 877-889.
25. Fauchald, P., et al., Wasp-Waist Interactions in the North Sea Ecosystem. *PLoS ONE*, 2011. 6(7): p. e22729.
26. Bakun, A., Wasp-waist populations and marine ecosystem dynamics: Navigating the "predator pit" topographies. *Progress in Oceanography*, 2006. 68(2): p. 271-288.
27. Lynam, C.P., et al., Interaction between top-down and bottom-up control in marine food webs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2017. 114(8): p. 1952-1957.
28. Koster, F.W. and C. Mollmann, Trophodynamic control by clupeid predators on recruitment success in Baltic cod? *Ices Journal of Marine Science*, 2000. 57(2): p. 310-323.
29. Hansson, S., et al., Competition for the fish — fish extraction from the Baltic Sea by humans, aquatic mammals, and birds. *ICES Journal of Marine Science*, 2017: p. fsx207-fsx207.
30. Buchmann, K. and F. Mehrdana, Effects of anisakid nematodes *Anisakis simplex* (s.l.), *Pseudoterranova decipiens* (s.l.) and *Contracaecum osculatum* (s.l.) on fish and consumer health. *Food and Waterborne Parasitology*, 2016. 4: p. 13-22.
31. Mehrdana, F., et al., Occurrence of zoonotic nematodes *Pseudoterranova decipiens*, *Contracaecum osculatum* and *Anisakis simplex* in cod (*Gadus morhua*) from the Baltic Sea. *Veterinary Parasitology*, 2014. 205(3-4): p. 581-587.
32. Lunneryd, S.G., M.K. Bostrom, and P.E. Aspholm, Sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) infection in grey seals (*Halichoerus grypus*), cod (*Gadus morhua*) and shorthorn sculpin (*Myoxocephalus scorpius*) in the Baltic Sea. *Parasitology Research*, 2015. 114(1): p. 257-264.
33. Elmgren, R., T. Blenckner, and A. Andersson, Baltic Sea management: Successes and failures. *AMBIO*, 2015. 44(3): p. 335-344.

34. Eero, M., et al., Multi-decadal responses of a cod (*Gadus morhua*) population to human-induced trophic changes, fishing, and climate. *Ecological Applications*, 2011. 21(1): p. 214-226.
35. Eero, M., F.W. Köster, and B.R. MacKenzie, Reconstructing historical stock development of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in the eastern Baltic Sea before the beginning of intensive exploitation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2008. 65(12): p. 2728-2741.
36. Thurow, F., Estimation of the total fish biomass in the Baltic Sea during the 20th century. *Ices Journal of Marine Science*, 1997. 54(3): p. 444-461.
37. MacKenzie, B.R., H. Ojaveer, and M. Eero, Historical ecology provides new insights for ecosystem management: eastern Baltic cod case study. *Marine Policy*, 2011. 35(2): p. 266-270.
38. Cardinale, M. and H. Svedang, The beauty of simplicity in science: Baltic cod stock improves rapidly in a 'cod hostile' ecosystem state. *Marine Ecology Progress Series*, 2011. 425: p. 297-301.
39. Jackson, J.B.C., et al., Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, 2001. 293(5530): p. 629-638.
40. Limburg, K.E., et al., Prehistoric versus modern Baltic Sea cod fisheries: selectivity across the millennia. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2008. 275(1652): p. 2659-2665.
41. Lindegren, M., R. Diekmann, and C. Mollmann, Regime shifts, resilience and recovery of a cod stock. *Marine Ecology Progress Series*, 2010. 402: p. 239-253.
42. Baden, S., et al., Shift in seagrass food web structure over decades is linked to overfishing. *Marine Ecology Progress Series*, 2012. 451: p. 61-73.
43. Östman, Ö., et al., Top-down control as important as nutrient enrichment for eutrophication effects in North Atlantic coastal ecosystems. *Journal of Applied Ecology*, 2016. 53(4): p. 1138-1147.
44. Myers, R.A. and B. Worm, Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature*, 2003. 423(6937): p. 280-283.
45. Pauly, D., et al., Fishing down marine food webs. *Science*, 1998. 279(5352): p. 860-863.
46. Svedäng, H. and S. Hornborg, Selective fishing induces density-dependent growth. *Nature Communications*, 2014. 5: p. 4152.
47. Eero, M., et al., Eastern Baltic cod in distress: biological changes and challenges for stock assessment. *ICES Journal of Marine Science*, 2015. 72(8): p. 2180-2186.
48. ICES, ICES WGBFAS Report 2015. 2.1 Cod in Subdivisions 25-32., in ICES WGBFAS Report 2015. 2015.
49. Secor, D.H., Chapter 3 - Fish Migration and the Unit Stock: Three Formative Debates, in *Stock Identification Methods*. 2005, Academic Press: Burlington. p. 17-44.
50. Bagge, O. and F. Thurow, The Baltic cod stock - fluctuations and possible causes, in *Cod and Climate Change - Proceedings of a Symposium*, J. Jakobsson, et al., Editors. 1994. p. 254-268.
51. Eero, M., et al., Spatial management of marine resources can enhance the recovery of predators and avoid local depletion of forage fish. *Conservation Letters*, 2012. 5(6): p. 486-492.
52. Casini, M., et al., Hypoxic areas, density-dependence and food limitation drive the body condition of a heavily exploited marine fish predator. *Royal Society Open Science*, 2016. 3(10).
53. Bergenius, M., et al., Atlas över svenskt kust- och havsfiske 2003-2015, in *Aqua reports*. 2018.
54. EFCA. European Fisheries Control Agency Reports 2017. 2017; Available from: <https://efca.europa.eu/en/content/reports-2017-2>.
55. Sköld, M., H. Nilsson, and P. Jonsson, Bottentrålning - effekter på marina ekosystem och åtgärder för att minska bottenpåverkan, in *Aqua reports*. 2018.
56. Svedäng, H., Long-term impact of different fishing methods on the ecosystem in the Kattegat and Öresund. 2010.
57. Kurlansky, M., *Cod: A Biography of the Fish that Changed the World*. 1998: Penguin Publishing Group.
58. Sterner, T. and H. Svedäng, A Net Loss: Policy Instruments for Commercial Cod Fishing in Sweden. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 2005. 34(2): p. 84-90.
59. Voss, R., et al., Ecological-Economic Fisheries Management Advice—Quantification of Potential Benefits for the Case of the Eastern Baltic Cod Fishery. *Frontiers in Marine Science*, 2017. 4(209).
60. Carpenter, G., et al., Landing the blame: The influence of EU Member States on quota setting. *Marine Policy*, 2016. 64: p. 9-15.
61. Mace, A new role for MSY in single species and ecosystem approaches to fisheries stock assessment and management. *Fish and Fisheries*, 2001. 2(1): p. 2-32.
62. Hüsey, K., et al., Slave to the rhythm: Seasonal signals in otolith microchemistry reveal age of eastern Baltic cod (*Gadus morhua*). *Vol. 73*. 2015. fsv247.
63. Marasco, R.J., et al., Ecosystem-based fisheries management: some practical suggestions. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2007. 64(6): p. 928-939.
64. Nogueira, A., D. Gonzalez-Troncoso, and N. Tolimieri, Changes and trends in the overexploited fish assemblages of two fishing grounds of the Northwest Atlantic. *Ices Journal of Marine Science*, 2016. 73(2): p. 345-358.
65. Bagge et al. The Baltic cod. *Dana* 1994. 10 p. 1-28.

Historien om Östersjötorsken

I över sex tusen år har torsken funnits i Östersjön. Den har förändrats, och är idag en genetiskt anpassad brackvattenexpert. Som toppredator i näringsväven har den en mycket viktig reglerande roll i ekosystemet. Den är också en mycket högt värderad matfisk.

Men tillståndet för Östersjöns torskbestånd är kritiskt. Två av tre lekområden har slagits ut, och torskarna i de södra delarna av Östersjön är små och magra. Fångsterna av torsk har minskat radikalt de senaste trettio åren, och fisket är varken ekonomiskt eller ekologiskt hållbart. Det är dags att handla, och vi måste handla snabbt.

Det pågår ett utvecklingsarbete som syftar till att göra förvaltningsmodellerna mer anpassade efter både de ekologiska och ekonomiska förutsättningarna. Men att genomföra stora förändringar i fiskeförvaltningen är en lång process, och torsken har inte tid att vänta.

Vad som har orsakat nuvarande situation finns det delade meningar om, och det skulle behövas en snabb och genomgripande vetenskaplig utvärdering för att klarlägga detta. Först när det går att visa på vad som orsakat läget för torsken går det att införa effektiva åtgärder. Att agera nu ger möjligheter till en framtida, väl fungerande Östersjö, där torsken återigen spelar en av huvudrollerna.

Stockholms universitets Östersjöcentrum

Vid Stockholms universitet har framgångsrik forskning och utbildning om havet bedrivits i över fem decennier. Här utförs världsledande Östersjöforskning, men även forskning i andra svenska havsområden, i tropiska hav och i polarområdena. Forskningen bidrar i sin tur till universitetets breda utbud av marina kurser och utbildningar. Östersjöcentrum har i uppdrag att stärka och synliggöra den marina verksamheten vid universitetet.

Vi är en länk mellan vetenskapen och samhället. En unik kombination av forskare, kommunikatörer och omvärldsanalytiker som arbetar med att öka kunskapen om havet och förbättra samhällets åtgärder mot olika miljöutmaningar. Vi ger vetenskapligt stöd i Östersjörelaterade beslut och gör forskningsresultat användbara för samhället. Fokus ligger på Östersjöns miljöutmaningar; minska övergödningen, nå ett hållbart fiske, minska miljögiftsbelastningen och bevara den biologiska mångfalden.