



UPPSALA
UNIVERSITET

Vilken inverkan har människan på torsken
(*Gadus morhua*) i Östersjön?



Jenny Clasénius

Independent Project in Biology
Självständigt arbete i biologi, 15 hp, höstterminen 2009
Institutionen för biologisk grundutbildning, Uppsala universitet

Sammandrag

Torskfamiljen (Gadidae) är en relativt stor familj som består av 22 olika arter, uppdelade i 12 släkten. Torsken (*Gadus morhua*) tillhör torskfamiljen och är en populär matfisk och artens biologi och dynamik är välstuderad. Det är en kallvattensart och trivs därför i de djupare delarna av haven, på cirka 150-200 m djup. Arten finns i Östersjön, Nordatlanten, vid Grönland, Vita havet och Svalbard. Den kan finnas så långt bort som till USA:s östkust men det stora geografiska avståndet gör att torsken ibland kan betraktas som skilda arter. Torsken har en generaliststrategi gällande föda, vilket betyder att den äter flera typer av föda beroende på födotillgång. Torsken, som är en toppredator, är en viktig del i ekosystemet och en mycket betydelsefull fisk rent ekonomiskt för fiskehandeln. Torskens reproduktion utgör en kritisk fas i livscykeln. Den är beroende av en salthalt på minst 10 ‰ och en syrehalt på minst 2 ml l⁻¹, annars sjunker äggen till botten och kommer därmed inte att kläckas. Äggen läggs under saltskiktet, haloklinet, vilket innebär att de är utsatta för varierande syre- och salthalter. Syftet med den här uppsatsen är att ta reda på vilka förändringar i Östersjön som påverkar torsken och hur den påverkas av dessa. Syftet är även att ta reda på vad som kan göras för att förbättra torskens utsatta och relativt dåliga situation i Östersjön.

Torsken påverkas av exempelvis övergödning, överfiske och klimatförändringen. Mycket kväve och fosfor läcker ut i Östersjön från bland annat jordbruk, vilket leder till en ökad primärproduktion. Efter en tid dör växtplankton och faller till botten, där de bryts ner. Vid nedbrytningen går det åt syre och om primärproduktionen är stor under en lång tid, leder det till en minskad syrehalt vid först och främst havets botten. Då torsken är beroende av en viss syrehalt för sin reproduktion, är den särskilt utsatt när syrehalten minskar. När klimatet förändras och mindre saltvatten strömmar in i Östersjön och vattentemperaturen ökar, påverkas torskens reproduktion negativt. Då temperaturen ökar, kan sillfiskar öka sin vertikala spridning och det gör att torsken utsätts för ytterligare en fara. Sillfiskar äter torskens ägg och larver, vilket resulterar i att färre fiskar når en reproduktiv ålder. Överfiske är ett världsomfattande problem, där en för stor andel fisk fångas jämfört med hur många som föds och rekryteras. Många unga fiskar fångas, vilka aldrig har hunnit reproducera sig och den ostadiga omgivningen gör att de ofta lever under en enorm press. Både överfiske och övergödning påverkar Östersjöns födovävar, men tar sin start i olika trofinivåer. Övergödning leder till att primärproduktionen ökar och en kaskadeffekt sker genom hela systemet. Överfisket minskar toppredatorn, torsken, vilket även det ger kaskadeffekter genom systemet. För att förbättra torskens situation i Östersjön kan marina reservat inrättas. Dessa gör att torsken kan återhämta sig och sedan sprida sig till de omkringliggande områdena. Det är även viktigt att följa ICES årliga råd angående fiskekvoter, så att inte för höga kvoter fastställs. Att minska det illegala fisket är även viktigt för torskens välbefinnande. En ökad kontroll och eventuella betalningstvång för det illegala fisket kan vara ett sätt att minska denna typ av fiskeproblem.

För att förbättra torskens levnadsförhållanden och öka torskbeståndet krävs det att alla människor och nationer kring Östersjön gör sitt yttersta för att hjälpa till och bidra. Det behövs en förändring på individnivå och en mer storskalig nivå. När en faktor förbättras, kan det leda till en fördelaktig kedjereaktion och påverka resten av ekosystemet på ett positivt sätt.

Inledning

Östersjön är ett välstuderat sjöområde med en kort och dramatisk geologisk historia (Bonsdorff *et al.* 1997). Det är ett unikt, känsligt och instängt hav med bräckt vatten, som endast har kontakt med världshaven genom Kattegatt och Skagerrak (Viopoi 1981, Naturskyddsföreningen 2009). Det är ett väldigt ungt hav och även grunt, med ett medeldjup på ungefär 60 m. På grund av det bräckta vattnet och havets unga historia, är det att betrakta som förhållandevis artfattigt. Detta beror på att få marina arter och sötvattensarter har hunnit anpassa sig till det bräckta vattnet, en salthalt de inte är vana vid. De arter som finns i Östersjön placeras in i tre organismgrupper; marina arter, sötvattensarter och istidsrelikter. Salthalten i havet ökar från norr till söder och de marina arterna ökar tillsammans med salthalten (Strömberg 2009). Enell och Fejes (1995) menar att miljöproblemen i Östersjön är ett internationellt problem, detta eftersom det är flera länder som ”delar” på havet. När havet övergöds är det särskilt näringsämnen kväve och fosfor som nämns. Problemen, såsom övergödning och överfiske, sätter tydliga spår i näringsvävar och ekosystemet, vilka sedan kan leda till olika typer av kedjereaktioner, så kallade kaskadeffekter.

Torsken (*Gadus morhua*) är en art som är välstuderad, både vad gäller dess biologi och populationsdynamik (Hjerne & Hansson 2000). Arten som finns i flera hav, bland annat Östersjön och Nordatlanten, är en väldigt populär matfisk, något den varit under en lång tid. Torsken har stor betydelse för Östersjölandernas ekonomi och de aktiva yrkesfiskarna. Fiskare har under många år försökt optimera fångsten, vilket resulterade i att torskbeståndet minskade kraftigt sedan 1980-talet (Madsen *et al.* 1998). Hjerne och Hansson (2000) visade i en studie att risken för överfiske är stor om fiskpopulationen är liten, jämförelsevis med medelstora och stora populationer. ICES, International Council for the Exploration of the Sea, samordnar fiskeriforskningen och rekommenderar hur stor torskfången kan vara varje år. De menar att vissa stammar i Östersjön fortfarande är i dåligt skick och därför bör torskfången begränsas. Detta för att torskbeståndet ska återhämta sig och öka i antal igen och att de små och unga fiskarna ska hinna bli reproduktionsdugliga (Österblom 2007).

Mitt övergripande syfte är att ge en allmän bild om torsken och dess levnadsförhållanden i Östersjön. Fokus kommer att ligga på hur torsken klarar de förändringar som människan utsätter arten för, såsom den miljöförstörelse som idag sker och överfiske. Eftersom arten interagerar med andra arter inom samma och olika trofnivåer kan det vara intressant att se hur en förändring i torskbeståndet kan påverka artsammansättningen och diversiteten i Östersjön. Syftet är även att beskriva vad som kan göras för att främja torskens livsdugliga populationer i Östersjön. De frågor jag har för avsikt att undersöka och beskriva är vad den drastiska minskningen av torsken beror på? Hur påverkas torsken av övergödning och överfiske? Vad kan göras och vilka insatser bör tillsättas för att torskbeståndet ska öka? Frågorna är viktiga att försöka svara på, då torsken har en betydelsefull funktion och plats i Östersjöns ekosystem samt att den är en populär matfisk och därmed väsentlig rent ekonomiskt.

Östersjön

Östersjön är ett hav med en area på 400 000 km², och är ett hav som liknar en insjö. I sin utvecklingsfas efter istiden har Östersjön varit helt avskild ifrån världshaven och har därmed varit en sötvattenssjö. Det är ett relativt ungt, grunt och instängt innanhav, med ett medeldjup på ringa 60 m (Jaartinen & Leinonen 1984, Bonsdorff *et al.* 1997, Naturskyddsföreningen 2009). Havet är känsligt, unikt och på grund av detta är det ett välstuderat område som intresserar många forskare. Havet brukar vanligtvis delas in i fyra olika huvudregioner:

Bottniska viken, Egentliga Östersjön, Finska viken och Rigabukten. Bottniska viken kan i sin tur delas in i sex subregioner:

Bottenhavet, Bottenviken, Norra Kvarken, Skärgårdshavet, Södra Kvarken och Ålands hav (Rodhe & Fonselius 2009) (Figur 1). På grund av havets ringa ålder och att salthalten är varierande är det få arter som har hunnit och haft möjligheten att anpassa sig. Det artfattiga havets arter har identifierats och delats in i tre olika organismgrupper; marina arter, sötvattensarter och istidsrelikter. De marina arterna utgör merparten av Östersjöns organismer, då de tolererar både höga salthalter och relativt låga salthalter. Ett exempel är sjöstjärnan (*Asterias rubens*). Sötvattensarterna, exempelvis hinnkräftor (Cladocera) och hjuldjur (Rotatoria, Rotifera), finns nära kusterna och i det öppna vattnet i norr. Istidsrelikterna, exempelvis märkräftor (Amphipoda) och pungräkor (Mysida), finns kvar i Östersjön sedan istiden och har klarat av de stora fysiska och kemiska förändringarna som har skett sedan dess (Strömberg 2009).

Salthalt

Östersjön har bräckt vatten och har endast kontakt med världshaven genom Kattegatt och Skagerrak (danska sunden). Att havet är bräckt beror på att relativt stora mängder sötvatten, från åar och vattendrag, rinner ut i Östersjön och denna mängd är större än avdunstningen (Jaartinen & Leinonen 1984). I genomsnitt har Östersjön en salthalt på cirka 7 ‰, vilket kan jämföras med världshavens 35 ‰ (Mälkki 1984). Salthalten ökar med djupet och en drastisk skillnad inträffar vid salthaltens språngskikt, haloklinet. Ytvattnet i Egentliga Östersjön har en salthalt omkring 7-8 ‰ och vattenmassan under haloklinet har en salthalt omkring 11-13 ‰ (Andersson & Hallberg 2000). År med hög nederbörd ökar mängden sötvatten i Östersjön vilket innebär att salthalten reduceras. Salthalten är alltså låg på de flesta områdena, men extrema gradienter finns både vertikalt och horisontellt (Bonsdorff 1997). Rönnberg och Bonsdorff (2004) visar att salthalten ökar från de nordliga delarna av Östersjön mot de mer sydliga delarna (Figur 1). Det är även skillnad mellan de kustnära områdena och de öppna havsområdena. Tillsammans med den ökande salthalten ökar även antalet marina arter, vilket innebär att det finns ett tydligt samband mellan vattnets salthalt och antalet marina arter i



Figur 1. Figuren visar de fyra huvudområdena, samt de olika subregionerna. Siffrorna i bilden visar hur salthalten i promille varierar i Östersjön och ut mot världshaven. Bilden är omritad och återgiven med tillstånd från Informationscentralen för Egentliga Östersjön, Länsstyrelsen i Stockholms län (2006).

havet. Detta innebär att antalet arter ökar med stigande salthalt. Detta gäller även för torskbeståndets storlek, då salthalten är viktig för deras reproduktion (Österblom 2007).

Vattenutbyte

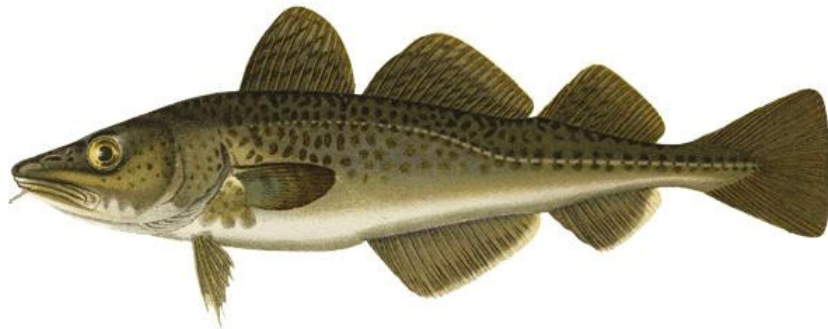
Då Östersjön är ett instängt innanhav och endast en liten del av havet har kontakt med världshaven genom de danska sunden, är vattenutbytet lågt. Eftersom Östersjön inte har direktkontakt med Nordsjön, fungerar Kattegatt som en blandningsstation för det nya och gamla vattnet. Ström och vind varierar under perioder, vilket innebär att även vattenutbytet varierar. Den totala vattenströmmen ut från Östersjön är nära 1000 km³ årligen och efter cirka 30 år har allt vatten i Östersjön bytts ut. Överskottet av sötvattnet som kommer ifrån vattendrag och nederbörd, väger mindre än saltare vatten. Därför kommer detta vatten att ligga som ytvatten och strömma ut mot Skagerrak, medan det tyngre saltvattnet kommer att strömma in i Östersjön via djupvatten. Då de olika vattentyperna har olika densitet, kan de blanda sig och ett vattenutbyte kan ske (Mälkki 1984, Bonsdorff 1997, Andersson & Hallberg 2000).

Torsken

Utseende, föda och utbredning

Torsken (*Gadus morhua*) tillhör familjen torskfiskar (Gadidae) som består av 22 olika arter, uppdelade i 12 släkten. Typiskt för torskfamiljen är att de har släta fjäll och lever i kallare havsområden. De är kallvattensarter och trivs därför i kallare miljöer där temperaturen inte överstiger 11°C (Nielsen & Svedberg 2006). Torsken har ett karaktäristiskt utseende, med tre ryggenor och två analfenor (Nilsson & Smedman 1994) (Figur 2). De har vanligtvis ett stort huvud, ett överbett och de har även en skäggtöm på underkäken. Skäggtömmen på underkäken kan användas som hjälp när den letar föda. Spetsen av bukfenorna, samt alla sinnesorgan på skäggtömmen kan användas för att leta reda på nedgrävda bottendjur (Nielsen & Svedberg 2006).

Deras färg kan variera relativt mycket, detta beroende på vilken typ av miljö de lever i och därmed vilket livsstadium de befinner sig i. Då torsken lever stora delar av sitt liv på botten av haven, där det exempelvis finns mycket brunalg, är de vanligen rödbruna på ryggen och har en orangefärgad buk. När torsken lever mer pelagiskt har den för det mesta en ljusare färg, ofta ljusgrå på ryggen med vit buk och ljusa sidor. Det finns även vissa variationer mellan dessa färgteckningar, men de två beskrivna är de två huvudsakliga kroppsfärgerna (Nielsen & Svedberg 2006).



Figur 2. Torskens karaktäristiska utseende, med de tre ryggenor, två analfenor och skäggtöm. Bilden är omritad efter von Wright, återgiven med tillstånd från fiskeriverket (2006).

Torskfisken är inte en specialist när det gäller föda, utan har en generaliststrategi. Det innebär att den inte endast äter en typ av föda, utan kan äta olika typer av föda beroende på födotillgång och beroende på torskens storlek. De äter bland annat olika typer av fiskar, krabbor, musslor, räkor, mindre kräftdjur och andra bottendjur (Nilsson & Smedman 1994,

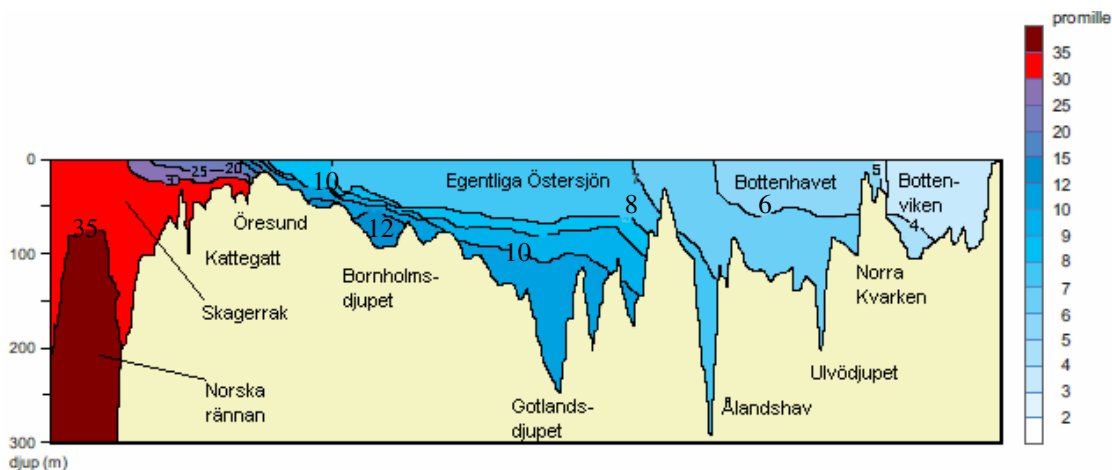
Nielsen & Svedberg 2006). Fiskar som de äter är bland annat skarpsill (*Sprattus sprattus*) och sill (*Clupea harengus*) och det finns en interaktion mellan dessa två arter och torsken. De är hoplänkade via trofiska kaskader; när torskantalet är stort äter den mycket skarpsill och sill vilket leder till att dessa två arter minskar i antal. När torskantalet är litet, kan skarpsillen och sillen stiga i antal (Nissling 2004). Då de har vuxit i antal, kan de begränsa torsken på så sätt att de gärna äter torskens ägg och larver (Köster & Möllmann 2000).

Arten finns i Östersjön och i Nordatlanten, samt vid Grönland, Vita havet och Svalbard. Arten finns även längre västerut, så långt som till USA:s östkust. Geografiska former av torsken betraktas ofta som separata arter, med bland annat några utseendemässiga skillnader. Torsken vid USA:s östkust har enfärgade kroppssidor, medan stillahavstorsken har ett större huvud i relation till sin kroppsstorlek (Nilsson & Smedman 1994, Nielsen & Svedberg 2006). Torsken som lever i havsvatten och bräckt vatten kan befinna sig i hela Östersjön, även om deras reproduktion är begränsad till de södra delarna av Östersjön. De måste dock anpassa sig för att kunna leva i de områden med lägre salthalt. Torsken befinner sig vanligtvis på ett djup av cirka 150-200 m, men kan även befinna sig vid ytan och så långt ner som på 600 m djup. Den vertikala rörelsen beror på vilken fas i livscykel de befinner sig i (Nielsen & Svedberg 2006).

Reproduktion, mognad och tillväxt

Torsken kan variera i storlek, beroende på var den lever. När den är fullvuxen kan den väga 55 kg och ha en längd upp till 180 cm (Nielsen & Svedberg 2006). Torsk som lever i Östersjön har ofta en långsammare tillväxt än exempelvis de som lever i Kattegatt, vilket kan bero på att salthalten är lägre i Östersjön. En uppskattad medellängd för fyraåriga torskfiskar i Kattegatt är 50 cm, vilket kan jämföras med 40 cm i Östersjön (Nilsson & Smedman 1994).

Tidpunkten för könsmognad kan variera, vilket bland annat kan bero på miljön. Det är exempelvis inte så vanligt att en torsk i Östersjön blir köns mogen vid samma ålder som en torsk utanför USA:s östkust. Normalt blir torsken i Östersjön köns mogen vid tre-fyra års ålder. Lektiden kan även den variera kraftigt beroende på det geografiska läget. I Östersjön finns det torsk som är lekmogen året om, dessa är dock relativt ovanliga och representerar endast en liten del av torskbeståndet. Torskens lek inträffar vanligtvis i januari-maj och sker i öppet vatten, på ett djup av 20-150 m (Nilsson & Smedman 1994, Nielsen & Svedberg 2006). Leken brukar ske vid Gotlandsdjupet och Bornholmsdjupet, då salthalten där är tillräckligt hög (Nissling & Westin 1991a) (Figur 3). Då torsken är fullvuxen och köns mogen brukar den återvända till samma lekplats varje år (Nilsson & Smedman 1994, Nielsen & Svedberg 2006).



Figur 3. Salthalten i Östersjön varierar med havsdjupen, samt ökar från norr till söder. Bilden är omritad efter Fonselius (1995).

Fiskar bildar stim av olika anledningar och i olika omfattningar. Många bildar stim, eftersom de ger skydd och underlättar fortplantningen. Torsken är en art som bildar stim som är av mer tillfällig karaktär, särskilt under lekperioden. Torskens stim brukar benämnas som tillfälliga stim, eftersom de endast befinner sig i dessa under korta perioder (Nilsson & Smedman 1994, Nielsen & Svedberg 2006).

En hona kan producera i genomsnitt cirka sju miljoner ägg och stora honor producerar fler ägg än en liten hona. Även om honan lägger ofantliga mängder ägg är det endast cirka två stycken som utvecklas till en fullvuxen torsk och når köns mogen ålder. För att befrukta äggen simmar en hona och en hane med bukarna mot varandra och under denna simtur lägger honan ägg samtidigt som hanen sprutar säd (Nilsson & Smedman 1994, Nielsen & Svedberg 2006). Spermier har sin högsta aktivitet vid salthalter mellan 15,5 ‰ och 26 ‰ och minskar vid både höga och låga salthalter. Då salthalten sjunker under 12,5 ‰ minskar spermernas aktivitet dramatiskt och de är nästintill orörliga. Att spermernas rörlighet försämras med minskad salthalt resulterar även i att antalet befruktade ägg reduceras tillsammans med minskad salthalt (Westin & Nissling 1991). Efter att äggen befruktats, sväller de och övergår till en mer utvidgad form och kan då flyta fritt i vattnet. För att äggen inte ska sjunka till botten krävs en relativt hög salthalt (Nilsson & Smedman 1994, Nielsen & Svedberg 2006). I vatten där salthalten är tillräcklig, 10 ‰, flyter äggen i cirka två-tre veckor innan de kläcks till larver. Salthalten är vanligtvis tillräckligt hög vid och under haloklinet, den ökar med ökat bottendjup (Nissling & Westin 1991b). Därefter befinner sig larverna i det fria vattnet i fyra-fem månader. De äter under denna period plankton och deras kroppslängd växer till 4-6 cm. Efter deras pelagiska tillväxtfas beger de sig mot botten. I Östersjön är det på många ställen för låg salthalt, på grund av det bräckta vattnet. Detta resulterar i att många ägg sjunker och förblir okläckta och förstörs (Nilsson & Smedman 1994, Nielsen & Svedberg 2006).

Nissling (2004) visade i en studie att larvstorleken varierade med vattentemperaturen. Larverna var större vid något lägre temperaturer och mindre vid högre temperaturer. Detta beror på att torsken är en art som gynnas och är anpassad till låga vattentemperaturer och därför medför det energetiska kostnader att äggen kläcks i varmare vatten. Ägg som befann sig i temperaturer 3-9 °C hade bäst överlevnad, medan den var något sämre vid lägre temperaturer (1 °C) och vid högre temperaturer (11 °C). Äggen spreds vertikalt, från 55-60 m men kunde även spridas ner mot 90 m. Torskens ägg har en hög äggspecifik gravitation och kräver därför en relativt hög salthalt för att de ska flyta. De lägger därför sina ägg under haloklinet, vilket gör att de är mer regelbundet utsatta och exponerade för den låga syrehalten i Östersjöns djup. Syrehalten spelar även roll i torskens vertikala spridning (Nissling 2004).

Människans påverkan på torsken och dess livsmiljö

Det finns många faktorer som påverkar torsken och dess levnadsförhållanden i Östersjön. De storskaliga klimatförändringarna, däribland ökad temperatur, som människan i stor utsträckning ansvarar för, påverkar torsken på olika sätt. Övergödning och överfiske är några andra faktorer som påverkar torsken och dess existens.

Övergödning

Övergödning definieras som ett tillskott av näringsämnen, vilket i sin tur orsakar en ökad tillväxt hos alger och andra växter. De näringsämnen som det talas mest om är kväve och fosfor. Mängden näringsämnen och avlagringar av organiskt material har ökat i betydande utsträckning sedan början av 1900-talet. Det debatteras mycket om huruvida människan är ansvarig för den ökade övergödningen i Östersjön och även hur avloppsvatten kan påverka de

kustnära havsområdena (Larsson *et al.* 1985, Rönnberg & Bonsdorff 2004). Övergödning är ett generellt problem som har en väldigt stor betydelse och berör stora delar av världen. Östersjön har länge varit ett oligotroft (näringsfattigt) och klart hav, men under den senare delen av 1900-talet skiftade det och är numera ett eutroft (näringsrikt) hav och klassas även som ett av världens mest förorenade hav. Även syrekoncentrationen under haloklinet i djupa hav har minskat under 1900-talet (Jonsson & Carman 1994). Hansson *et al.* (2007) menar att övergödning för med sig både positiva och negativa konsekvenser för havsmiljön och dess organismer, fiskproduktionen är ett exempel som både kan gynnas och missgynnas av övergödning. I Östersjön skulle en reduktion i näringsmängd på lång sikt, med tidsfördröjning, leda till att primärproduktionen minskar. Det pågår fortfarande en debatt angående näringsämnen fosfor och kväve, det vill säga om en minskning av endast fosfor eller om en reduktion av både fosfor och kväve skulle kunna motverka övergödningen (Hansson *et al.* 2007).

På många platser i världen utgör jordbruket en stor källa för kväve- och fosforutsläpp till yt- och grundvatten, då bönder konstgödslar sina åkermarker. Läckaget ökar om bönderna gödslar sina åkrar med mer näring än vad växterna kan ta upp. Kyllmar *et al.* (2004) visade i en studie att det årliga kväveläckaget från åkermarker var ungefär $44 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, varav 30 % av detta hamnade i grundvattnet. Kväveläckaget är större under regniga perioder än under torra perioder. Det kväve som hamnar i vattnet och förs ut i Östersjön och diverse sjöar påverkar förhållandena i vattnet och gör att olika typer av växter, exempelvis växtplankton, växer bättre än i vanliga fall (Kyllmar *et al.* 2004).

Konsekvenser av övergödningen

Då det blir mer växtplankton och fintrådiga alger, kommer arter såsom kransalger (Charophyceae), ålgräs (*Zostera marina*) och blåstång (*Fucus vesiculosus*) att ha svårt att konkurrera och få plats (Berger *et al.* 2003, Korpinen & Jormalainen 2008). Dessa arter minskar alltså som ett resultat av ökningen av växtplankton och fintrådiga alger. När växtplankton ökar i mängd, kommer vattnet att bli mer grumligt och oklart. Detta leder i sin tur till att ljuset inte når lika djupt som tidigare, det blir mörkare och sämre vattenkvalitet. Efter en tid dör växtplankton och då sjunker de till botten och bakterier och djur kommer att bryta ner dem. Denna nedbrytningsprocess kräver syre. Om det finns mer växtplankton än vanligt, kommer det att gå åt mer syre vid nedbrytningsprocessen. Efter en längre period av hög växtplanktonstillväxt, minskar syremängden vid havsbotten och till slut kommer det inte att finnas något syre i havets djup. Finns det inte något syre vid botten, kommer de bottenlevande djuren att fly därifrån för att kunna överleva (Baltic Sea 2020).

Som nämnts tidigare behöver torsken en viss salthalt för att deras ägg ska kunna flyta innan de kläcks. De lägger sina ägg under haloklinet, eftersom salthalten är betydligt högre där än ovanför. Under haloklinet är dock syrehalten lägre och för en lyckad reproduktion kräver torsken en syremängd på minst 2 ml l^{-1} . När näringshalten är hög och syrehalten reduceras i havets nedre delar, är torsken reproduktionsframgång särskilt utsatt. De riskerar att deras nylagda ägg kommer att dö och därmed riskeras torskbeståndets fortlevnad. Den ökade näringshalten äventyrar torskbeståndets tillväxt om deras ägg inte kläcks och de därmed får färre avkommor än de brukar producera. Den negativa effekten av övergödning är problematisk för torsken och påverkar därmed fiskeindustrin. Industrin påverkas eftersom torsken är en populär matfisk och därmed mycket betydelsefull för fiskehandeln (Hansson & Rudstam 1990, Nissling 2004).

Överfiske

Ekosystemets artsammansättning och omgivande miljöförhållanden varierar över tid och det kan vara svårt att särskilja vilka förändringar som är naturliga och vilka som är en respons på människans aktivitet. ICES, International Council for the Exploration of the Sea, har sedan 1966 värderat torsken i Östersjön. Vid utvärdering av torsken och de förändringar som skett i ekosystemet är det viktigt att ha ett långtidsperspektiv och inte endast utvärdera det som skett nyligen. Om inte ett långtidsperspektiv intas utan ett mer kortsiktigt, löper fiskehanteringen stor risk att hamna i en situation som kallas ”skiftande baslinjesyndromet”. Detta innebär att startpunkten, baslinjen, som används som referens hela tiden flyttas framåt och tidigare resultat och utvärderingar förloras (Pauly 1995). Redan på 1940-talet fastställde forskare regelbundna prognoser och rekommendationer angående exploateringen av torsken i Östersjön och dessa utgjorde grunden för produktionsplaner angående ekonomifrågor. Den historiska fångsten av torsk har inte inkluderat den relativt stora delen av unga fiskar som har kastats tillbaka till vattnet, vilket kan ha bidragit till en felaktig uppfattning av torskbeståndets storlek (Eero *et al.* 2007).

Överfiske är ett fenomen som innebär att antalet fiskar som fångas överskrider den mängd fisk som produceras naturligt och därmed minskar populationsstorleken. Överfiske är ett globalt problem för fiskerinäringen. Olika fiskarter minskar och lever under enorm press, ofta under extrema förhållanden och på gränsen av sina toleransnivåer. Eftersom torsken är en väldigt populär matfisk, som fiskehandeln tjänar mycket pengar på är det grundläggande att ha kunskap om vilka faktorer som är viktiga för torskpopulationen. Faktorer såsom tillväxt och rekrytering ökar torskpopulationen, medan naturlig mortalitet och fiskemortalitet minskar populationsstorleken. För att fiskepopulationen ska hålla en stabil populationsstorlek krävs det att de positiva och negativa faktorerna är likvärdiga. Det är därför viktigt att inte allt för många unga fiskar som fortfarande är under tillväxt tas upp, då detta är en av de positiva faktorerna för populationstillväxt. Det är även viktigt att tänka på att inte endast ta fiskar som är på sin reproduktiva topp, då dessa kan lägga mycket ägg som har bra överlevnadsförmåga och förhoppningsvis bidrar till att öka torskbeståndet (Hjerne & Hansson 2000, Eero *et al.* 2007). Den misslyckade rekryteringen, att de har låg biomassa av larver, samt brist på återhämtningstecken kan även vara faktorer, förutom överfiske, som kan ha bidragit till det minskade torskbeståndet (Madsen *et al.* 1998, Jonzén *et al.* 2001).

För att beräkna den optimala avkastningen hos torsken har olika modeller använts genom tiden, med olika framgång. De tidigare modellerna kallas fixerad kvot och fixerad insats. Den fixerade kvoten innebär att en bestämd kvot sätts utifrån uträkningar om den maximala avkastningen, en kvot som resulterar i att så mycket torsk som möjligt fångas utan att beståndet kollapsar. Då det är en fast kvot, resulterar det ofta i ett instabilt jämviktsläge i populationen. Den fixerade insatsen är något bättre, då antalet dagar då trålning tillåts regleras samt vilka fiskeredskap som får användas. Dessa modeller har resulterat i att torsken har minskat i antal vid flera tillfällen och inte har hunnit återhämta sig fullt ut sedan 1980-1990-talet (Hjerne & Hansson 2000). Fångas torsken med en konstant hastighet är risken större att en liten population överfiskas än medelstora och stora populationer. Det beror på att de något större populationerna har haft en initieringsperiod där de har hunnit bygga upp en tillräckligt stor buffert och en lämplig populationsnivå. Stora populationer klarar bättre av förändringar i omgivningen och kan fluktuera i storlek utan risk för utdöende (Hjerne & Hansson 2000). Hjerne och Hansson (2000) föreslår en mer dynamisk modell som har ”halvkonstant” fångst, där fångstnivån håller en lägre nivå även under perioder där torskpopulationen är hög. Den lägre nivån, även under perioder av stort torskbestånd, kommer på lång sikt leda till att risken för att torsken överfiskas minskar. Cook *et al.* (1997) menar att de två äldre modellerna har

kritiserats, då de ofta resulterar i att populationerna överfiskas. De kan också relateras till att fiskarna fångas vid en ung ålder innan de hunnit reproducera sig.

Många experiment har genomförts för att kunna stimulera selektering av torskarnas storlek vid trålning. Experimenten har genomförts med tre olika nättyper, då den nuvarande maskstorleken inte fungerar helt optimalt (Madsen *et al.* 2001). Suuronen *et al.* (2004) gjorde en undersökning med tre olika nättyper och undersökte bland annat dödligheten hos de fiskar som rymde, vilka olika faktorer som påverkar dödligheten och hur deras skinn påverkas av rymningen. En faktor som påverkade fiskarna var hög vattentemperatur, deras dödlighet ökade då enormt. Det var även tydligt, både i låg och hög vattentemperatur, att dödligheten var som högst dagen efter trålningen ägt rum. Det var dock inte någon skillnad mellan de tre olika nättyperna. Det var inte heller någon skillnad mellan de tre typerna gällande skador på skinn. Dödligheten hos fiskarna som rymde var relativt låg vid normala vattentemperaturer, vid cirka 10 °C. Undersökningen visade inte något samband mellan storleken på fisken och dödligheten. Det visades även att designen av nätet inte är den mest avgörande faktorn utan att det även finns andra faktorer som påverkar, exempelvis vattentemperatur (Suuronen *et al.* 2004).

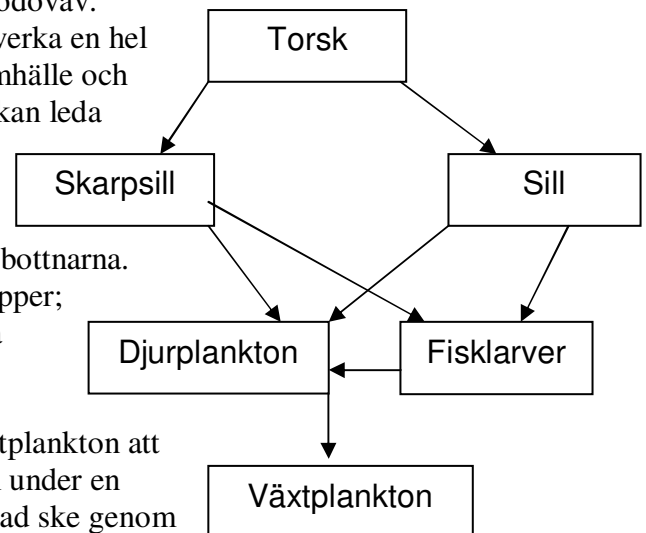
Födovävar och kaskadeffekter

Människans påverkan på torsken och dess livsmiljöer kan komma till uttryck på olika sätt och kan resultera i olika kaskadeffekter beroende på vilken typ av inverkan människan har. Både övergödning och överfiske kan leda till kaskadeffekter genom födoväven, där de två problemen gynnar olika nivåer i väven. Östersjön påverkas av en övergripande trofisk kaskad, som berör alla trofnivåer i ekosystemet (Casini *et al.* 2009).

Ett skifte har skett i Östersjön, som tidigare var oligotroft och hade klart vatten. Det djupa havsvattnet var berikat med en hög syrehalt och Östersjön försåg torsken med stora vattenvolymer som gav bra reproduktionsförhållanden (Österblom *et al.* 2007). Många näringskedjor, korta och långa, bildar tillsammans en födoväv.

Hansson *et al.* (2007) menar att övergödningen kan påverka en hel födoväv och kan påverka strukturen hos ett helt fiskesamhälle och deras produktion. Den ökade näringsmängden i haven kan leda till en ökad fiskeproduktion, detta genom att primärproduktionen ökar i haven. Den ökade näringsmängden kan även medföra negativa konsekvenser, exempelvis en minskad syrehalt på havsbotten. Havets organismer brukar vanligtvis delas in i fyra grupper; växtplankton, djurplankton som äter växtplankton, små fiskar som äter djurplankton, och stora fiskar (toppredatorer) som äter de små fiskarna (Casini *et al.* 2008) (Figur 4). Då haven får mer näring, kommer växtplankton att kunna öka sin tillväxthastighet och därmed stiga i antal under en relativt kort period. Då detta inträffar, kommer en kaskad ske genom hela födoväven och många av toppredatorerna gynnas.

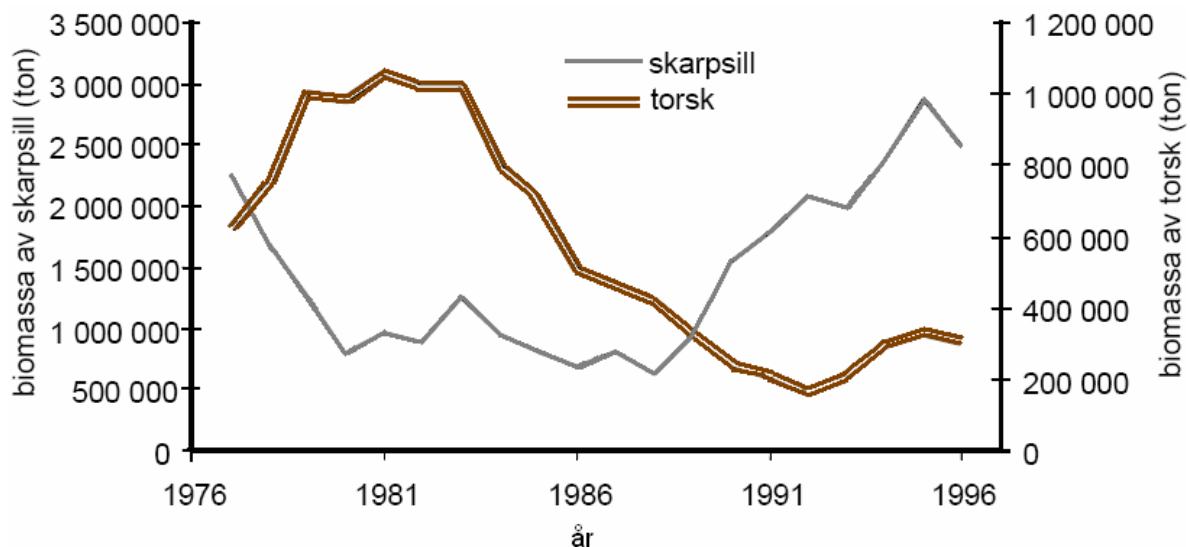
Produktionen av växtplankton under våren är tydligt begränsat av kväve, medan produktionen av exempelvis cyanobakterier under sommaren är fosforbegränsad. Då det sker en låg produktion av växtplankton på västkanten, under oligotrofa förhållanden, gynnas torsken och dess reproduktion. Då dessa två typer av organismer påverkas i födoväven, påverkas även de grupper som befinner sig på de mellanliggande nivåerna. För att påverka torskpopulationens



Figur 4. En förenklad näringsväv i Östersjön, där torsken är en toppredator.

storlek kan kunskapen om födoväven utnyttjas, genom att exempelvis ändra på någon av de lägre nivåerna i födoväven som skulle gynna torskbeståndet (Hansson *et al.* 2007).

Att organismer är beroende av varandra och varierar tillsammans med omgivningen, blir även tydligt då en toppredator minskar i antal eller dör ut. Detta kan exempelvis relateras till överfisket av torsken. Casini *et al.* (2008) har gjort en studie i Östersjön där de studerade interaktioner mellan torsk, skarpsill, djurplankton och växtplankton. Då organismer har en anknytning till varandra, kan indirekt mutualism uppstå. Detta betyder att en trofinivå kan påverka en trofinivå som är längre ner, exempelvis kan torsken påverka djurplankton indirekt. Djurplankton kan påverkas positivt på grund av torskens positiva inverkan på den. Kornilovs *et al.* (2001) genomförde en studie som visade att en stor minskning av torskbeståndet på 1980-talet ledde till stora förändringar i ekosystemet. Östersjön, som tidigare varit torskdominerat, försköts och dominerades istället av skarpsill (Kornilovs *et al.* 2001). Då torsken minskade, kunde skarpsillen öka i antal eftersom de inte längre begränsades av torsken (Figur 5). Skarpsillens ökning ledde till en minskning av djurplankton. Detta beror på att djurplankton begränsas av ett stort skarpsillantal. Då djurplanktons tillväxt begränsas av skarpsill, kommer växtplankton att kunna tillväxa eftersom de inte längre begränsas av djurplankton. Torsken hade i detta fall en negativ indirekt mutualism på djurplankton, medan skarpsillen hade en positiv indirekt mutualism på växtplankton (Casini *et al.* 2008).



Figur 5. Mängden torsk och skarpsill är beroende av varandra. Då det finns mycket torsk är beståndet av skarpsill litet. När det finns mycket skarpsill är torskbeståndet litet. Figuren är omritad efter Hansson & Nissling (2000).

De studier som har genomförts har alltså visat att en förändring hos antingen toppredatorerna eller de basala arterna kan påverka hela ekosystemet och gynna arter som tidigare har begränsats. Även om en förändring sker på en högre eller lägre trofinivå, kommer det att ske kaskadeffekter genom hela systemet och alla arter inom födoväven kommer att påverkas på något sätt. Det visar att alla arter inom ett system hör ihop på ett eller annat sätt och att de är sammanlänkade via en större eller mindre födoväv (Hansson *et al.* 2007, Casini *et al.* 2008).

Klimatförändring – högre temperaturer

Klimatet förändras och blir allt varmare, vilket framförallt orsakas av människan. Då klimatet förändras påverkas torsken i Östersjön på olika sätt. Som nämnts tidigare, behöver torsken en viss vattentemperatur, syre- salthalt för att kunna genomföra en framgångsrik reproduktion (Nissling & Westin 1991b). Köster *et al.* (2005) menar att dagens storskaliga klimatförändringar, påverkar salt- och syrehalten och temperaturen i Östersjön där torsken leker.

Syrehalt

Vattnet i Östersjöns djup har en väldigt varierande salthalt och vattentemperatur. Då torskens reproduktion kräver att bottenvattnet har en viss salthalt och temperatur, är det viktigt att det sker ett kontinuerligt vattenutbyte. Torskens äggöverlevnad kan sägas vara beroende av vattenutbytet, samt hur stort inflödet av det nya salthaltiga vattnet är (Köster *et al.* 2005). Ägg från torsk och skarpsill har olika äggspecifik gravitation, vilket gör att äggens vertikala spridning ser olika ut. Torsken, som har en högre äggspecifik gravitation, placerar sina ägg djupare ner mot havsbotten jämfört med skarpsillen som placerar sina ägg högre upp mot vattenytan. Torskens ägg är då mer utsatta för den låga syrehalten än skarpsillen, då de befinner sig djupare i Östersjön. En minskad syrehalt skulle på lång sikt vara förödande för torskbeståndet, om en stor del av äggen inte kläcks på grund av en för låg syrehalt (Nissling 2004).

Salthalt

Då klimatet förändras och resulterar i bland annat ett mildare vinterhalvår och minskat inflöde av vatten, påverkas de nämnda abiotiska faktorerna. Då salthalten minskar, påverkas torskens reproduktion på flera sätt. Förutom att äggen riskerar att sjunka till botten, kommer även spermernas mobilitet att försämrans. Då spermernas rörlighet minskar, kommer färre ägg att kunna bli befruktade. En alltför stor reducering av salthalten leder till att färre spermier kan befrukta ägg och det i sin tur leder till att färre ägg befruktas. Om detta fortgår under en längre period, kommer torskens populationstillväxt att minska och eventuellt leda till en enorm minskning av torskbeståndet (Westin & Nissling 1991, Köster *et al.* 2005).

På grund av människans storskaliga påverkan på Östersjön och torsken, är torskens rekrytering idag tydligt skadad (Österblom *et al.* 2007). Torskens rekrytering beror på omgivningen och påverkas av faktorer såsom vattentemperatur, salthalt, syrehalt, födoförhållanden för larver och predationen av ägg och larver. Rekryteringen kan variera från år till år, beroende på de ovanstående faktorerna (Sparholt 1996). Torskens rekrytering sker i några få djupa havsområden, där salthalten är relativt hög. När klimatet ändras och salthalten sjunker i Östersjön, sjunker den även i de djupa havsområdena och torskens rekrytering försämrans. Är rekryteringen låg under flera år riskerar torskbeståndet att reduceras och eventuellt kollapsa (Hjerne & Hansson 2000).

Vattentemperatur

Torsken och sillfiskar påverkas som nämnts tidigare av abiotiska faktorer såsom vattentemperatur, syrehalt och salthalt och beroende på variationer i dessa faktorer påverkas fiskarna olika. Torsken är en kallvattensart, medan sillfiskar är varmvattensarter och en skiftning i vattentemperatur kan gynna den ena eller den andra. Då arterna påverkas olika av de abiotiska faktorerna kan en förändring i klimatet ändra artsammansättningen i havet. Sker torskens reproduktion närmre sommaren, ökar sillfiskarnas predation av torskens ägg. Det beror på att under sommaren är det varmare i vattnet, vilket gör att sillfiskar kan öka sin vertikala spridning och därmed närma sig torskens ägg. Sillfiskar äter gärna torskens ägg och

larver och detta kan begränsa torskens tillväxt. När torskens reproduktion sker då det är varmt i vattnet, kan torskens och sillfiskarnas vertikala spridning till och med överlappa varandra och då ökar alltså predationen av torskens ägg (Köster & Möllmann 2000, Köster *et al.* 2005). En storskalig klimatförändring skulle i detta fall kunna driva ekosystemet i Östersjön mot att vara dominerat av torsk eller sillfiskar (Nissling 2004).

Vad kan göras för att förbättra torskbeståndet?

För att förbättra torskens livsmiljö och torskbeståndets möjlighet att tillväxa och öka i antal, kan olika insatser sättas in. Årliga fiskekvoter och en minskning av det illegala fisket är några av de insatser som diskuteras och används.

ICES ger råd i frågor angående havsmiljön, där utgångspunkten för råden är de internationella avtal som alla de berörda länderna godkänt. Råden är följaktligen inte en produkt av forskarnas egna uppfattningar och åsikter. För att inte småtorsken ska påverkas negativt, ser ICES samband mellan storleken på torskbeståndet och hur bra de är på att reproducera sig och få livsdugliga avkommor. Utifrån dessa samband bestäms en lägsta fiskenivå, en gräns som sätts för att inte torskbeståndet ska kollapsa. Det är inte ICES som slutgiltigt beslutar om de årliga fiskekvoterna, utan de ger endast råd om vad som är rimligt. De som fastställer besluten om kvoterna är EU:s ministerråd, vilka även tar hänsyn till ekonomiska och sociala aspekter och överskrider därmed ofta ICES råd. För att komma till bukt med torskbeståndet i Östersjön är det viktigt att inte överskrida de rekommendationer som ICES har lagt fram (Österblom 2007).

För att undvika att torskbeståndet minskar ytterligare och eventuellt utrotas är det mycket viktigt att åtgärda problemen med överfiske. I dagsläget är fiskeflottornas storlek inte anpassade till det nuvarande torskbeståndet, vilket leder till en överkapacitet (Österblom 2007). Hjerne och Hansson (2000) menar att om en individuell kvot sätts, skulle det kunna vara en lösning på problemen med överkapacitet även om det inte är den optimala lösningen. Ett bra alternativ för fiskehandeln skulle även kunna vara att kombinera en konstant fångst med en individuell kvot, vilket skulle kunna ge en bra avkastning och samtidigt minska risken för överfiske. Ett annat alternativ skulle vara att införa en "halvkonstant" fångstnivå, där en lägre nivå hålls även under perioder där torskbeståndet är stort. Det skulle på lång sikt öka antalet torsk i Östersjön samt minska fångstrycket och förhoppningsvis även minska störningen av den totalt tillåtna fångstmängden. Denna typ av fångstmetod skulle på lång sikt även bidra till att minska de ekonomiska problemen som överfiske resulterar i, eftersom fångstmetoden innebär att torsk hela tiden kommer att fångas utan några avbrott med fiskeförbud (Hjerne & Hansson 2000).

Det är främst Danmark, Tyskland, Polen och Sverige som fiskar torsk i Östersjön och alla dessa länder fångar mer torsk än de rapporterar. Den fångst som inte rapporteras är illegalt fiske och denna fångst är relativt stor för alla de nämnda länderna. För att torskbeståndet ska kunna öka är det inte bara viktigt att EU:s ministrar lyssnar på ICES och sätter rätt nivå på kvoterna, utan även att kontrollera och minska det illegala fisket. Sedan år 2007 har fler kontrollanter satts in för att minska det otillåtna fisket, samt att bland annat Polen som har haft ett högt illegalt fiske har bundit sig till att betala straffavgifter om de fortsätter att överskrida kvoterna (Österblom 2007).

Torsken i Östersjön är utsatt på många sätt, exempelvis genom överfiske och år 2007 gav ICES rådet om totalt fiskestopp för vissa områden i Östersjön. Ett totalt fiskestopp under cirka

fyra år skulle kunna leda till att torskbeståndet skulle öka mycket och kunna vara upp till sex gånger större än det är idag (Österblom 2007). I Sverige finns det få marina områden som är helt skyddade och det finns inte heller något område där det är helt förbjudet att fiska. Studier har visat att ett område med fiskeförbud skulle kunna bidra till att antalet fiskar ökar i antal om inte någon stör dem. De fiskefria områdena skulle alltså fungera som ett Östersjöområde som har fiskestopp, och därmed skulle torskbeståndet kunna öka mycket. De marina reservaten skulle fungera som en tillväxtzon, där torsken återhämtar sig, för att sedan kunna bege sig ut mot de kringliggande områdena efter några år. I tidigare studier som har genomförts i Sverige och i flera andra länder, visar resultaten om marina reservat en mycket positiv trend. Både torsken i det marina reservatet, samt de fiskar som lever intill området ökar i mängd och visar positiva resultat (Jansson 2000).

Sedan 1995 har mängden fosfor ökat i Egentliga Östersjön och kvävehalten har i princip varit oförändrad. På grund av att syrehalten har sjunkit i Östersjön under de senaste åren har den fosfor som finns i sedimenten kunnat frisättas och sedan samlats i den fria vattenmassan och därmed ökat fosforhalten i Östersjön (Larsson & Andersson 2000). Under de senaste åren har både kväve- och fosforutsläppen minskat, vilket är ett resultat av den kemiska fosforreningen och att det numer finns kväverening vid de kustnära reningsverken. Sedan tidigare har skattebaser införts, där en miljöavgift på kväve och fosfor var en av åtgärderna och dessa skattebaser bör enligt rekommendationer kvarstå. Det finns även andra styrmedel som används för att begränsa användningen av näringsämnen. Sedan 1980-talet har jordbrukare fått miljöinriktad rådgivning, samt att det finns bestämmelser angående spridning av gödsel på våren respektive hösten. Det finns även program som syftar till att minska näringsmängden genom skydds zoner, där skyddszonerna inte får gödslas eller plöjas. Skyddszonerna är områden som ligger i närheten av vattendrag och sjöar och dessa zoner skulle på lång sikt resultera i ett minskat läckage av näringsämnen (Staaf *et al.* 2004).

Diskussion

Torsken är en mycket viktig art i Östersjön och den påverkas mycket av de människoinducerade förändringar som sker i deras livsmiljö. Den är en populär matfisk och fiskerinäringen tjänar mycket pengar på arten. Övergödning och överfiske är några fenomen som kan påverka torskens levnadsförhållanden och därmed påverka torskbeståndet och det i sin tur den ekonomiska situationen i samhället. Det som Östersjön och torsken utsätts för, exempelvis övergödning, ger effekter på omgivningen som sedan i sin tur kan påverka andra faktorer, såsom syre- och salthalt. Då många faktorer samverkar och motverkar varandra uppstår komplexa mönster. Sker det en förbättring inom ett plan, exempelvis att läckaget av näringsämnen från jordbruket minskar kommer övergödningen att reduceras. Denna förändring kan även ge stora resultat och effekter på bland annat syre- och salthalt och därmed torskens reproduktion (Hansson & Rudstam 1990, Nissling 2004).

Då övergödning är ett omfattande problem i Östersjön och berör flera länder, behövs stora insatser för att komma till bukt med det. Många arter påverkas på flera trofinivåer och övergödningen kan inverka på de olika näringskedjor och näringsvävar som finns i ekosystemet. Jordbruket har länge orsakat ett stort läckage av näringsämnen kväve och fosfor (Kyllmar *et al.* 2004). Trots att stora insatser har satts in för att minska läckaget, ökar fosforhalten i Östersjön medan kvävehalten ligger på en stabil nivå. Detta beror på att syrehalten har minskat i Östersjön. Den minskade syrehalten är ett resultat av övergödningen, vilken bidrar till en ökad primärproduktion och som på lång sikt leder till en minskad syrehalt i Östersjön. Då det är en låg syrehalt vid havets botten kan fosfor frisättas från sedimenten och

det gör att fosforhalten ökar i vattenmassan, vilket bidrar till en total fosforökning i Östersjön. Den ökade fosformängden bidrar till ökad övergödning, där övergödningen i sin tur leder till en minskad syrehalt i Östersjön. Det uppstår på så sätt en ond cirkel (Larsson & Andersson 2000). En minskad syrehalt ger en storskalig effekt på torsken, då reproduktionen är beroende av syrehalten. Är syrehalten för låg är risken stor att reproduktionen uteblir eller ger ett misslyckat resultat, vilket skulle kunna vara avgörande för torskens framtid. Jag tror att det är bra att lantbrukare får miljöinriktad rådgivning, då det förhoppningsvis gör dem mer insatt i problemen och mer intresserade av att delta till en förbättring. Även skyddsområden är ett positivt initiativ, då dessa bidrar till att en mindre mängd gödsel hamnar i det närliggande vattnet (Staafl *et al.* 2004). Då lantbrukarna inte får gödsel eller plöja i dessa zoner och därmed inte tjäna pengar på marken, tror jag att det är fördelaktigt att det finns miljöersättningar och miljöstöd till lantbrukarna som inrättar skyddsområden. Det leder förhoppningsvis till att fler lantbrukare inrättar skyddsområden och på så sätt minskar läckaget av näringsämnen. Att lantbrukare påbörjar reduktionen av näringsämnen är väldigt betydelsefullt. Det bidrar förhoppningsvis till att näringsämnena i Östersjön minskar och att torskens förhållanden i Östersjön därmed förbättras.

Torsken påverkas även av överfiskningsproblemet, då för stor andel torsk fångas jämfört med hur många som produceras och rekryteras. Trots att ICES årligen rekommenderar en fiskekvot, fastställer EU:s ministerråd vanligen en högre kvot än den rekommenderade (Österblom 2007). För att minska överfiskningen är det viktigt att följa de råd som ICES ger och att ta större hänsyn till torskbeståndets storlek, än till den nuvarande ekonomiska situationen. Skulle ICES råd följas, skulle torskbeståndet kunna öka och på lång sikt ge en bättre ekonomisk situation än i dagsläget. För att minska problemen är det viktigt att ha ett långsiktigt perspektiv och inte endast se kortsiktigt. Det kan även vara av stor vikt att utveckla fångstmetoder som inte skadar torsken, samt att öka kontrollen för illegalt fiske (Suuronen *et al.* 2004, Österblom 2007). Olika förslag angående det illegala fisket har diskuterats och jag anser att det är viktigt att ta itu med detta stora problem så snart som möjligt. Det behövs gemensamma riktlinjer som alla länder kring Östersjön är överens om och som alla hjälps åt att arbeta för. För att komma till rätta med problemen tror jag att böter och ökad kontroll kan vara ett bra sätt. Till en början tror jag att det kommer att minska problemen, men för att en ytterligare minskning och ett mer långsiktigt resultat ska ske, behövs antagligen ytterligare insatser. Det är därför viktigt med forskning inom området, samt att myndigheter är lyhörda inför forskarnas råd.

Både överfiske och övergödning påverkar ekosystemet och det är tydligt att flera processer är beroende av varandra och det kan synliggöras i bland annat födovävar. Det sker en störning i ekosystemet och en alltför stor förskjutning kan leda till att en viss art blir dominerande i systemet. Den kunskap som finns om födovävar kan användas för att gynna eller missgynna en trofinivå. Vid tillfällen då torsken minskar i antal kan kunskapen om födovävar och kaskadeffekter användas för att torsken ska gynnas och återigen kunna öka. Det går alltså att genomföra en form av manipulation och användning av indirekt mutualism, som i slutändan resulterar i att torsken främjas (Hansson *et al.* 2007, Casini *et al.* 2008).

Det allt varmare klimatet påverkar torsken och dess levnadsmiljö. Torskens reproduktion är en viktig del i livscykeln och påverkas bland annat av en ökad vattentemperatur och minskad syre- och salthalt. För att reproduktionen ska vara lyckad, ställs det krav på syre- och salthalten och vid lämpliga nivåer kommer äggen att kunna flyta och för att sedan kläckas. Det varmare klimatet innebär även att torsken kommer att konkurrera om den vertikala spridningen med sillfiskar. Då sillfiskar kan sprida sig djupare och komma i kontakt med

torskens ägg och larver, kommer torsken att riskera att minska i antal då det är färre ägg som kläcks och färre larver som utvecklas till en reproduktionsfärdig torsk (Köster & Möllmann 2000, Köster *et al.* 2005). Om temperaturen fortsätter att stiga, kommer torsken som är en kallvattensart att bli lidande. Det beror både på att färre fiskar blir reproduktionsmogna, men även på att rekryteringen försämras. Då klimatet förändras och en mindre mängd saltvatten strömmar in i Östersjöns djup, kommer salthalten där torskens rekrytering sker att minska. De två positiva faktorerna för torskbeståndet påverkas alltså negativt, vilket på lång sikt kan leda till att Östersjötorsken minskar i antal och eventuellt utrotas. Jag anser därför att det är viktigt att försöka förbättra torskens möjligheter att genomföra en lyckad reproduktion och rekrytering, samt att ordna globala riktlinjer för klimatfrågor.

För att torskens situation ska förbättras kan det vara viktigt att börja med att påverka en faktor i taget, vilket i sin tur kan leda till att det sker en positiv kedjereaktion i ekosystemet. De problem som torsken utsätts för är ofta orsakade av människan och därför borde även människan göra något åt dem. För att torskens förhållanden ska förbättras krävs det att alla människor som lever kring Östersjön och påverkar torsken och dess miljö gör sitt yttersta för att bidra till en förändring. Det kan innebära allt ifrån att tänka på vilka märken som inhandlas i affären till att ge bidrag till forskning, minska övergödning och försöka förbättra klimatet genom att bland annat minska koldioxidutsläppen. Som enskild individ är det viktigt att göra sitt bästa för att förbättra klimatet ifrån sina egna förutsättningar och göra det som är möjligt bättre.

Avslutningsvis vill jag poängtera att minskningen av torsken beror på flera faktorer, däribland övergödning, överfiske och ett varmare klimat. Det är bland annat torskens reproduktion, rekryteringsförmåga och födovävar som påverkas av de olika fenomenen. Torskbeståndet och dess levnadsförhållanden kan förbättras på flera olika sätt. Det är bland annat viktigt att minska övergödningen, överfisket och det illegala fisket, samt att inrätta marina reservat där torsken kan återhämta sig för att sedan vandra ut i omkringliggande områden.

Tack

Jag vill tacka Kajsa Linder för ett enormt stöd, stöttning och korrekturläsning. Ett stort tack till Mattias Bergman, Charlotta och Johan Clasénus för korrekturläsning. Jag vill även tacka min handledare Katariina Kiviniemi Birgersson för dina idéer och korrekturläsning, samt mina medstudenter Johanna Wallenius och Elin Orvendal för korrekturläsning och bra kommentarer. Tack också till Sture Hansson, Stefan Löfgren och Anssi Laurila för alla bra lästips som jag har fått av Er. Jag vill även tack Lisa Klang på fiskeriverket och Gunnar Aneer på Informationscentralen för Egentliga Östersjön, Länsstyrelsen i Stockholms län för tillåtelse att använda bilder. Bilden på framsidan är omarbetad efter Tävlingsfiskarna i Gislaved.

Referenser

- Andersson L, Hallberg R. 2000. Svår syrebrist – ingen ny historia. I: Tidlund A (red.). Miljötillståndet i Egentliga Östersjön - Årsrapport 2000, ss. 55-59. Stockholms marina forskningscentrum, Stockholm.
- Baltic Sea 2020 2009. Övergödning. WWW-dokument 2009-11-12: http://www.balticsea2020.org/index.php?option=com_content&view=article&id=125&Itemid=82&lang=se. Hämtad 2009-11-12.

- Berger R, Henriksson E, Kautsky L, Malm T. 2003. Effects of filamentous algae and deposited matter on the survival of *Fucus vesiculosus* L. germlings in the Baltic sea. *Aquatic ecology* **37**: 1-11.
- Bonsdorff E, Blomqvist EM, Mattila J, Norkko A. 1997. Coastal Eutrophication: Causes, consequences and perspectives in the archipelago areas of the Northern Baltic Sea. *Estuarine, coastal and shelf science* **44**: 63-72.
- Casini M, Lövgren J, Hjelm J, Cardinale M, Molinero JC, Kornilovs G. 2008. Multi-level trophic cascades in a heavily exploited open marine ecosystem. *Proceedings of the royal B society* **275**: 1793-1801.
- Casini M, Hjelm J, Molinero JC, Lövgren J, Cardinale M, Bartolino V, Belgrano A, Kornilovs G. 2009. Trophic cascades promote threshold-like shifts in pelagic marine ecosystems. *Proceedings of the National academy of science of the United States of America* **106**: 197-202.
- Cook RM, Sinclair A, Stefánsson G. 1997. Potential collapse of the North Sea cod stocks. *Nature* **385**: 521-522.
- Eero M, Köster FW, Plikshs M, Thurow F. (2007). Eastern Baltic cod (*Gadus morhua callarias*) stock dynamics: extending the analytical assessment back to the mid-1940s. *ICES Journal of marine science* **64**: 1257-1271.
- Enell M, Fejes J. 1995. The nitrogen load to the Baltic Sea – present situation, acceptable future load and suggested source reduction. *Water, air & soil pollution* **85**: 877-882.
- Fonselius S. 1995. Havsvattnet. I: Västerhavets och Östersjöns oceanografi, ss. 47. SMHI, Oceanografiska laboratoriet. Västra Frölunda.
- Hansson S, Nissling A. 2000. Ekologiska effekter av fisket i Östersjön – analyser och modelleringar med tyngdpunkt på torskens ekologi och torskfisket. Stockholm & Fårösund.
- Hansson S, Rudstam LG. 1990. Eutrophication and the Baltic fish communities. *Ambio* **19**: 123-125.
- Hansson S, Hjerne O, Harvay C, Kitchell JF, Cox SC, Essington TE. 2007. Managing Baltic Sea Fisheries under contrasting production and predation regimes: Ecosystem model analyses. *Ambio* **36**: 265-271.
- Hjerne O, Hansson S. 2000. Constant catch or constant harvest rate? The Baltic Sea cod (*Gadus morhua* L.) fishery as a modelling example. *Fisheries research* **53**: 57-70.
- Informationscentralen för Egentliga Östersjön 2006. WWW-dokument 2008-10-03: http://images.google.se/imgres?imgurl=http://www.ab.lst.se/upload/Projektwebbar/Informationscentralen/bilder/egentliga_ostersjon.gif&imgrefurl=http://www.ab.lst.se/templates/Proj_Page___8019.asp&usg=__7lXI3sDr-X28GoFTQrx2GWxTmWY=&h=379&w=287&sz=15&hl=sv&start=1&um=1&tbnid=VJ0WP7hKl4lsYM:&tbnh=123&tbnw=93&prev=/images%3Fq%3D%25C3%25B6stersj%25C3%25B6n%26hl%3Dsv%26rlz%3D117GPEA_en%26sa%3DN%26um%3D1. Hämtad 2009-11-10.
- Jansson I. 2000. Behöver vi marina skyddsområden? I: Tidlund A (red.). Miljötilståndet i Egentliga Östersjön - Årsrapport 2000, ss 28-30. Stockholms marina forskningscentrum. Stockholm.
- Jarrtinen S, Leinonen M. 1984. Östersjön- vårt hav. I: Voipio A & Leinonen M (red.). Östersjön-vårt hav, ss. 7-9. LTs förlag, Stockholm.
- Jonsson P, Carman R. 1994. Changes in deposition of organic matter and nutrients in the Baltic Sea during the twentieth century. *Marine pollution bulletin* **28**: 417-426.
- Jonzén N, Lundberg P, Cardinale M, Arrhenius F. 2001. Variable fishing mortality and the possible commercial extinction of the eastern Baltic cod. *Marine ecology progress series* **210**: 291-296.

- Kornilovs G, Sidrevics L, Dippner JW. 2001. Fish and zooplankton interaction in the Central Baltic Sea. *ICES Journal of marine science* **58**: 579-588.
- Korpinen S, Jormalainen V. 2008. Grazing and nutrients reduce recruitment success of *Fucus vesiculosus* L. (Fucales: Phaeophyceae). *Estuarine coastal and shelf science* **78**: 437-444.
- Kyllmar K, Larsson MH, Johnsson H. 2004. Simulation of N leaching from a small agricultural catchment with the field scale model SOILNDB. *Agriculture, ecosystems and environment* **107**: 37-49.
- Köster FW, Möllmann C. 2000. Trophodynamic control by clupeid predators on recruitment success in Baltic cod? *ICES Journal of marine science* **57**: 310-323.
- Köster FW, Möllmann C, Hinrichsen HH, Wieland K, Tomkiewicz J, Kraus G, Voss R, Makarchouk A, MacKenzie BR, St. John MA, Schnack D, Rohlf N, Linkowski T, Beyer JE. 2005. Baltic cod recruitment – the impact of climate variability on key processes. *ICES Journal of marine science* **62**: 1408-1425.
- Larsson U, Elmgren R, Wulff F. 1985. Eutrophication and the Baltic Sea: Causes and consequences. *Ambio* **14**: 9-14.
- Larsson U, Andersson L. 2000. Näringsmängden ökar – syrebrist orsaken. I: Tidlund A (red.). Miljötilståndet i Egentliga Östersjön - Årsrapport 2000, ss. 51-54. Stockholms marina forskningscentrum, Stockholm.
- Madsen N, Moth-Poulsen T, Lowry N. 1998. Selectivity experiments with window codends fished in the Baltic Sea cod (*Gadus morhua*) fishery. *Fisheries Research* **36**: 1-14.
- Madsen N, Holst R, Foldager L. 2001. Escape windows to improve the size selectivity in the Baltic cod trawl fishery. *Fisheries research* **57**: 223-235.
- Mälkki P. 1984. Vattenbalansen. I: Voipio A & Leinonen M (red.). Östersjön-vårt hav, ss. 25-32. LTs förlag, Stockholm.
- Naturskyddsforeningen 2009. Östersjön. WWW-dokument 2009-08-24: <http://www.naturskyddsforeningen.se/natur-och-miljo/hav-och-fiske/ostersjon/> Hämtad 6/11-09.
- Nielsen L, Svedberg U. 2006. Våra fiskar. Prisma, Norstedts förlagsgrupp AB, Stockholm.
- Nilsson OW, Smedman R. 1994. Fiskar i våra vatten. Ica förlaget AB, Västerås
- Nissling A, Westin L. 1991a. Egg buoyancy of Baltic cod (*Gadus morhua*) and its implications for cod stock fluctuations in the Baltic. *Marine Biology* **111**: 33-35.
- Nissling A, Westin L. 1991b. Egg mortality and hatching rate of Baltic cod (*Gadus morhua*) in different salinities. *Marine Biology* **111**: 29-32.
- Nissling A. 2004. Effects of temperature on egg and larval survival of cod (*Gadus morhua*) and sprat (*Sprattus sprattus*) in the Baltic Sea – implications for stock development. *Hydrobiologia* **514**: 115-123.
- Pauly D. 1995. Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries. *Trends in ecology and evolution* **10**: 430.
- Rodhe J, Fonselius S. 2009. Östersjön. Nationalencyklopedin. WWW-dokument: <http://www.ne.se/lang/%C3%B6stersj%C3%B6n>. Hämtad 2009-11-09.
- Rönnerberg C, Bonsdorff E. 2004. Baltic Sea eutrophication: area-specific ecological consequences. *Hydrobiologia* **514**: 227-241.
- Sparholt H. 1996. Causal correlation between recruitment and spawning stock size of central Baltic cod? *ICES Journal of marine science* **53**: 771-779.
- Staaf H, Bivall E, Nyström E, Klintwall L, Linderholm K, Lindstedt U, Rosén Nilsson K, Rydberg I, Widell A, Öhman E, Johansson K, Linder J, Andrén R, Borinder T, Johnson A, Larsson M. 2004. Fosforutsläpp till vatten år 2010 – delmål, åtgärder och styrmedel. Naturvårdsverket, rapport 5364. Stockholm.
- Strömberg JO. 2009. Östersjön, biologi. Nationalencyklopedin. WWW-dokument: <http://www.ne.se/%C3%B6stersj%C3%B6n/biologi>. Hämtad 2009-11-06.

- Suuronen P, Lehtonen E, Jounela P. 2004. Escape mortality of trawl caught Baltic cod (*Gadus morhua*) – the effect of water temperature, fish size and codend catch. *Fisheries research* **71**: 151-163.
- Viopoi A. 1981. *The Baltic Sea*. Elsevier scientific publishing company, Amsterdam.
- Von Wright W. 2006. Torsken. WWW-dokument 2009-07-23:
<https://www.fiskeriverket.se/vanstermeny/fiskochskaldjur/arter/allaarter/torskgadusmorhua.4.1490463310f1930632e80005207.html>. Hämtad 2009-11-10.
- Westin L, Nissling A. 1991. 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* **108**: 5-9.
- Österblom H. 2007. Torskens roll i Östersjön. Rapport från Baltic Sea 2020.
- Österblom H, Hansson S, Larsson U, Hjerne O, Wulff F, Elmgren R, Folke C. 2007. Human-induced trophic cascades and ecological regime shifts in the Baltic Sea. *Ecosystems* **10**: 877-889.