UPPSALA UNIVERSITET

Torskens (*Gadus morhua*) utdöende i Västerhavet

David Forssander

Independent Project in Biology
Självständigt arbete i biologi, 15 hp, vårterminen 2011
Institutionen för biologisk grundutbildning, Uppsala universitet

Sammandrag

Atlanttorsken (*Gadus morhua*) tillhör en av de ekonomiskt viktigaste arterna i Atlanten vilket inneburit en stor press på torskbestånden. Torsken var tidigare utspridd över stora delar av Nordatlanten, men möts nu av potentiell utrotning vid sydligare breddgrader, medan torskbestånden i Norska havet och Barents hav för tillfället är utom fara. För att förhindra en potentiell utrotning av kvarvarande torskbestånd måste processerna som styr torskens livsmiljöer utforskas, liksom som torskens funktionella roll i dess livsmiljö. Fisket är sannolikt anledningen till varför flera torskbestånd har kollapsat i Nordatlanten. Ett högt fisketryck kan ha både direkta och indirekta konsekvenser för torskbestånden.

Torskbeståndens nedgångar i Västerhavet kan, förutom ett starkt selektivt fisketryck, även bero på naturliga fluktuationer i klimatet och människoinducerad klimatpåverkan. Endast med fullständig och saklig fakta kan stater och unioner fatta korrekta ekonomiska och politiska beslut som inte underminerar miljömässiga åtgärder och främjar ett hållbart uttag av havets resurser.

Inledning

Den Atlantiska torsken (*Gadus morhua)* hör till en av de mest studerade arterna i Nordatlanten (Drinkwater 2005) och är tämligen utspridd i den norra delen av Atlanten, från Georges Bank vid USA:s nordöstra kust och utmed en nordlig båge till Keltiska havet norr om Irland (Lilly *et al.* 2008) Torskpopulationer utmed den Nordatlantiska bågen har olika grader av naturlig förekomst och rekrytering (nya torskar som passerat ett års ålder), men i sydligare delar som i Västerhavet har torskbestånden under senare decennier reducerats radikalt (Svedäng *et al.* 2003). Utmed samma breddgrader på andra sidan Atlanten har vissa torskbestånd minskat på ett liknande sätt och vissa bestånd har till och med kollapsat (Hutchings *et al.*1994, Lilly *et al.* 2008). Längre norrut mot Norska havet och framförallt i Barents hav är produktiviteten och därmed rekryteringen av torsk betydligt högre (Svedäng *et al.* 2010), vilket bland annat tyder på ett lättare fisketryck jämfört med Nordsjön och Västerhavet (Myers *et al.* 2003) och att torskbestånden har en större genomsnittlig storlek (Nielsen & Svedberg 2006, Shelton *et al.* 2006, Swain *et al.* 2007).

ICES, International Council for the Exploration of the Sea, bidrar med värdefull vetenskaplig information och rådgivning om fiske och miljö för framförallt Nordatlanten. ICES får ofta i uppdrag av länder att ta fram vetenskapliga underlag för den marina miljöns aktuella status i Nordostatlanten och Östersjön. Grunden till ICES arbete baseras på ICES-konventionen från 1964 (ICES 2008a). Konventionen fastställer att deltagande länder ska främja forskning och utredningar som är nödvändiga för aktuella marina ekosystem, samt verka för att på olika sätt sprida framtagen information. Mycket av informationen som tas upp i mitt arbete är ursprungligen baserad på information från ICES.

Torsken i Nordatlanten delas in i olika bestånd beroende på geografiskt område eller naturtyp (Lilly *et al.* 2008) och därför beskriver jag ett torskbestånd som en geografisk tillhörighet,

som till exempel bestånden i Nordsjön, eller baserat på en naturtyp som de arktiska boreala bestånden.

Det huvudsakliga syftet med mitt arbete är att belysa bakomliggande orsaker till torskens utdöende i Västerhavet genom att presentera torsken ur en synvinkel där äldre såväl som nyare forskning möter varandra och återspeglar de problem som torsken ställts inför. Avslutningsvis har jag som mål att väva samman Sveriges och andra länders ansvarstagande gentemot torskbestånden i nordöstra Atlanten. Om torskbestånden ska finnas kvar i framtiden är det av yttersta vikt att orsakerna till torskbeståndens nedgångar utreds sakligt och översätts till ett språk som kan tolkas av beslutsfattare för korrekta politiska initiativ och ageranden.

Oceanografi

Vi människor är landlevande organismer och vårt levnadssätt präglas av faktorer som gravitation och vindförhållanden och det faktumet gör att vi upplever vår värld väldigt annorlunda jämfört med vattenlevande organismer. I vatten byts vindförhållanden mot oceanografiska förhållanden och betydelsen av tyngdlagen är inte längre lika viktig (Bakun 2006).

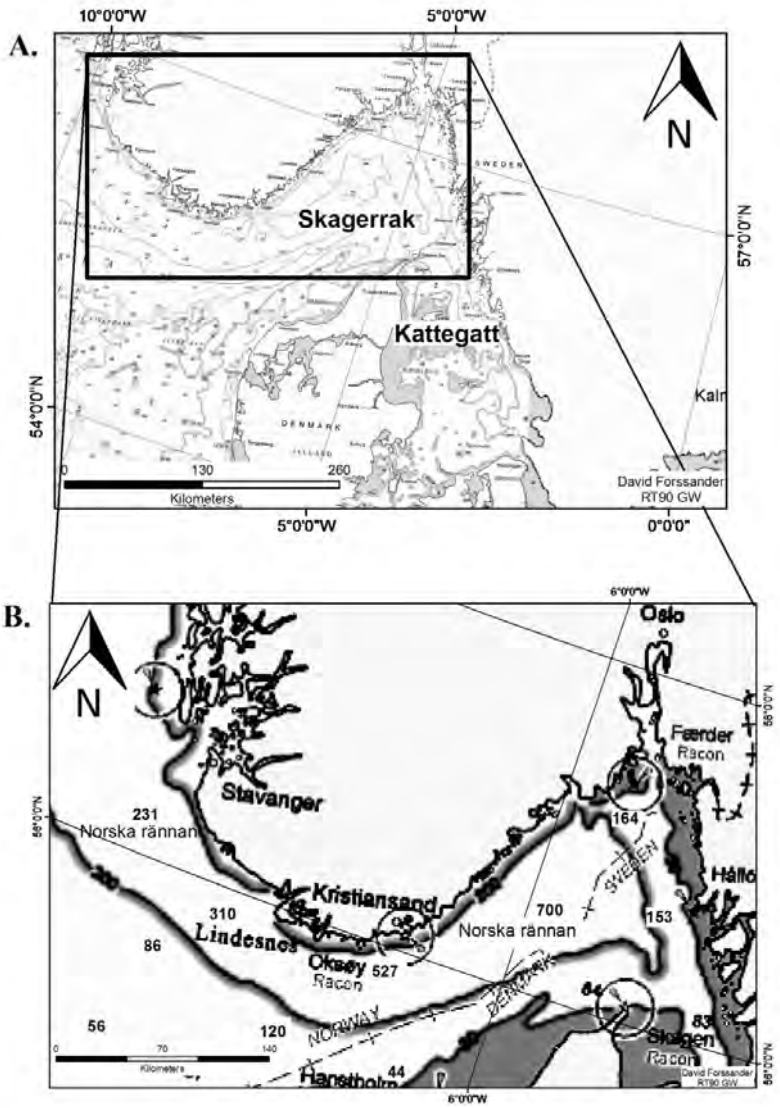
Torskens livshistoria präglas av oceanografiska faktorer som cirkulation, salthalt och temperatur (Nielsen & Svedberg 2006, van der Meeren *et al.* 2006, Nash *et al.* 2010) och ska vi förstå dynamiken hos torskbestånden måste vi studera de grundläggande fysiska oceanografiska förutsättningarna som biologiska produktionsprocesser som torskbestånden samspelar med.

Västerhavet och Nordsjön

Västerhavet består av Skagerrak och Kattegatt och dessa två havsområden utgör den svenska västkusten (figur 1 A). Kattegatt gränsar till, förutom Sveriges västkust, även Danmarks sydostligare delar och utgör en area på 22 000 km^2. Det är detta havsområde som förmedlar kontakt med Östersjön och Nordsjön i form av en övergångszon mellan brackvatten från Östersjön och oceaniskt vatten (35 ‰ salthalt) från delar av Nordsjön via Skagerrak. Salthalten i Kattegatt varierar från söder med 10 till 15 ‰, till norr med cirka 25 ‰, vilket gör havsområdet till en stressande miljö för växt- och djurlivet. Antalet bottenlevande arter är betydligt större i norr än i söder.

Havsområdet Skagerrak gränsar till Kattegatt och utgör en yta på 32 300 km^2. Ytvattnet mellan Skagerrak och Kattegatt har stora skillnader i salthalt och/eller temperatur som kallas för Skagerrakfronten. Till följd av en stor djupskillnad tillförs saltvatten via en djupgående ström till Kattegatt från Skagerrak, medan den Baltiska strömmen från Östersjön tillför brackvatten till Kattegatts ytvatten (ICES 2011a). Skagerrak anses vara väldigt produktivt med en fiskproduktion på 7 g m^{-2} vilket är dubbelt så mycket som produktionen i Nordsjön (Danielssen *et al.* 1997).

Nordsjön är ett randhav till atlanten, vilket innebär att det är avgränsat från det öppna havet och är betydligt grundare. Nordsjön gränsar till Skagerrak och utgör en yta på 530 000 km^2 vilket gör nordsjön, till ytan, drygt 10 gånger större än Skagerraks och Kattegatts sammanlagda yta. Den Nordatlantiska strömmen är en ytterst viktig bidragsgivare till produktiviteten i Nordsjön. Den tillför, förutom stora mängder näringsämnen (cirka 80 till 90 procent), även förhållandevis varmt oceaniskt vatten från nordväst, vilket resulterar i att salthalten i Nordsjön ligger på dryga 35 ‰ (ICES 2011a). Nordsjön hör till ett av världens viktigaste fiskevatten och har, åtminstone tidigare, varit rik på bland annat makrill (*Scomber scombrus*), sill (*Clupea harengus*) och torsk (*Gadus morhua*). Skagerrak har ett betydligt större medeldjup är Kattegatt och Nordsjön (figur 1 B). Djupen varierar kraftigt mellan havsområdena, vilket främst är på grund av en djuphavsränna (Norska rännan) som följer den norska kusten, med ursprung från Norska havet, söder ut till Skagerrak. Den Norska rännan antas vara en primär transportväg för torsk mellan Skagerrak och Nordsjön (Svedäng *et al.* 2007). Till följd av nivåskillnaderna utgör Skagerraks djup något av en tipp för transporterade föroreningar från Nordsjön (Danielssen *et al.* 1997).

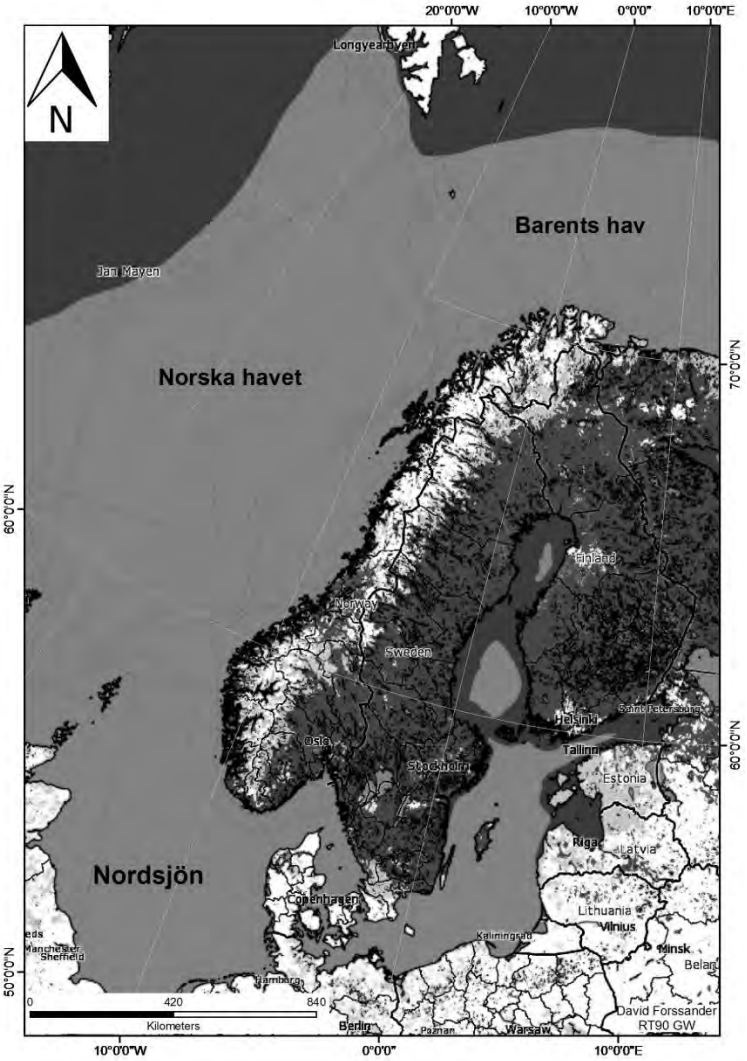


Figur 1. A) Västerhavets topografi som utgörs av Skagerrak och Kattegatt. B) Norra delen av Skagerrak och slutet på den Norska rännan som har sitt ursprung från Norska havet (Kartan är bearbetad av David Forssander, ursprunglig version: Statens kartverk, Norge)

Norska havet och Barents hav

Norra delen av Nordsjön gränsas av Norska havet utmed latituden 61 nordlig bredd (figur 2). Även detta havsområde påverkas av den varma Nordatlantiska strömmen som dominerar cirkulationen i ytvattnet och bidrar med oceaniskt (salt) vatten för att därefter strömma vidare till Barens Hav.

Barents hav gränsar till Norska havet och är ett bihav till Norra ishavet. Den Nordatlantiska strömmen bidrar huvudsakligen till stora variationer i värmeförhållanden som växlar årsvis, vilket innebär att de östra och västra delarna av havet kan vara täckta av is under vintern (ICES 2009a). Under de senaste 10 åren har den genomsnittliga tillströmningen av varmt Atlantvatten ökat med omkring 100 procent och temperaturmedelvärdet ligger 0,5 till 1ºC över normala värden (ICES 2009a).

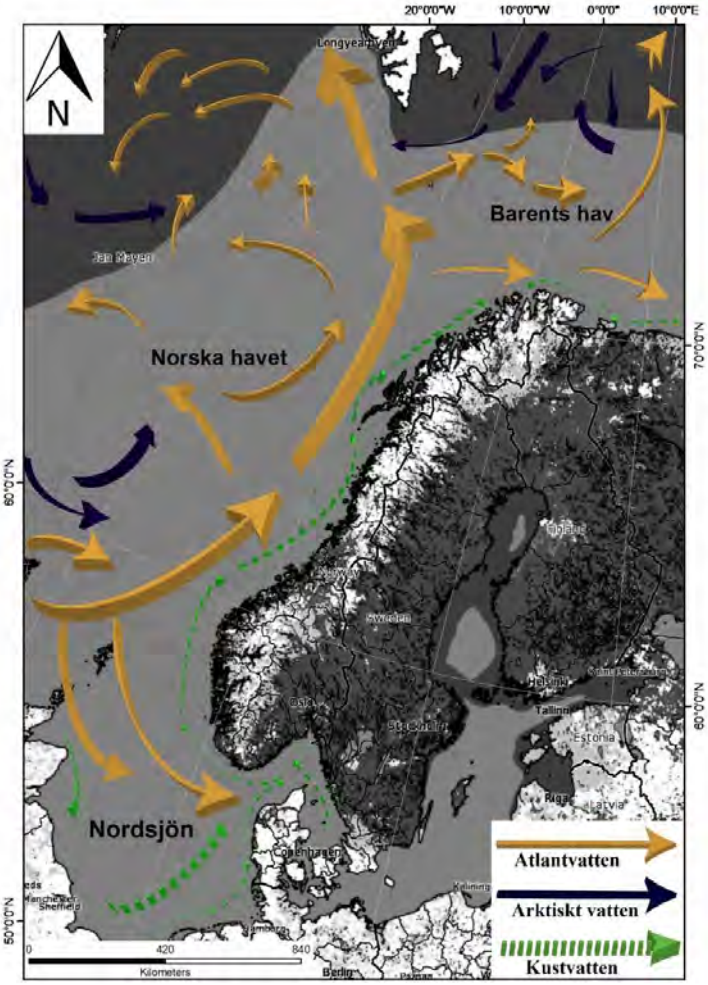


Figur 2. Karta över Nordsjön, Norska havet och Barents hav som gränsar till varandra. Västerhavet öster om Nordsjön är inte namngiven på kartan. (Kartan är bearbetad av David Forssander, ursprunglig version: Statens kartverk, Norge)

De Nordatlantiska strömmarna

De huvudsakliga stora strömmarna som når nordöstra Atlanten har sitt ursprung från västra Atlanten (”Western boundary currents”) (Reverdin *et al.* 2003). Till följd av corioliskraften får strömmarna en medsols rotation där de västliga strömmarna för med sig varmt tropiskt vatten, men mycket av värmen försvinner från cirka 25º till 30º N mot nordligare breddgrader (Hakkinen 1999 med referens däri). I figur 3 illustreras resultatet av den Nordatlantiska strömmen där relativt varmt atlantvatten transporteras till Nordsjön och utmed den norska kusten upp mot Barents hav där strömmarna så småningom blandas med arktiskt vatten från nordost. Inflödet av atlantvattnet står för större delen av näringstillförseln till Nordsjön (Stenvik *et al.* 2007). Djupförhållandena styr till stor del beteendet för det inkommande vattnet till Nordsjön som får en motsols rotation. Fördelningen av vattnet i Skagerrak regleras därigenom av in- och utflöde av näringsrikt vatten från Nordsjön som kallas för den Jutländska strömmen (Stenvik *et al.* 2007). När

vattenmassorna väl nått Skagerrak, styrs koncentrationerna av näringsämnen av den norska rännan. Tillsammans med Skagerrakfronten formas stora populationer av fytoplankton vilket innebär att fronten är den bakomliggande faktorn till den höga produktiviteten i Skagerrak (Danielssen *et al.* 1997).
I Barents hav styrs förekomsten av zooplanktonarter, såsom *C. finmarchicus*, av sydliga inflöden av Atlantvatten från Norska havet och det är sannolikt att klimatvariationer styr dessa inflöden vilket resulterar i att klimatet i högsta grad styr förekomsten av zooplankton och därmed indirekt andra arter högre upp i näringsväven. (Loeng 1991 med referens däri)



Figur 3. Huvudsakliga strömmönster i nordöstra Atlanten. Strömmarna har en ursprunglig motsols rotation som har stor betydelse för temperaturfördelningar såväl som biologisk spridning. Kartan är bearbetad av David Forssander, ursprunglig version: Statens kartverk, Norge. Strömmönstret är baserat från Stenvik & Sundby 2007 med referens däri.

Nordsjöns kemiska status styrs primärt av havsströmmarna. I relation till näringsämnen är primärbiomassan (mätt i klorofyll -a-koncentration) hög i sydöstra Nordsjön, delar av Skagerraks kust och för hela Kattegatt. Eutrofiering är ett problem i områdena och kan leda till syrgasbrist under haloklinen som en följd av nedbrytningsprocesser under sensommar och höst (ICES 2008b, SMHI 2008).

Den atlantiska torsken

Utseende, utbredning och släktskap

Släktet torskfiskar har ett stort utbredningsområde och förutom dess förekomst i stora delar av Atlanten förekommer släktet även i Stilla Oceanen och Norra Ishavet (Curry-Lindahl 1985) Den vanligast förekommande torsken i Västerhavet, Nordsjön och Norska Havet är en underart till den Atlantiska torsken (*Gadus m. morhua*). *G m. morhua* skiljs åt från

Figur 4. Torsk, *Gadus morhua*. Karaktäristiskt för torsken är en tydlig skäggtöm under munnen, den vita böjda mittlinjen och en tvär stjärtfena (Ursprung: Fiskeriverket)

ytterligare två underarter under arten *Gadus morhua*, hit hör bl.a. Östersjötorsken *Gadus morhua callarias* (ICES 2011b). Torsken kan även delas upp i mindre beståndstillhörigheter. Även om torsken periodvis kan leva i vatten med temperaturer från -1ºC upp till över 20ºC, förekommer den huvudsakligen i vatten med temperaturer som varierar mellan 0 och 12ºC (Drinkwater 2005). Generellt sett skiljs torsken från andra närbesläktade arter av en böjd vit sidolinje och ett relativt kraftigt överbett (figur 4). Utmed den svenska Västkusten förekommer tre olika färgvarianter; bergstorsken som är rödbrun, sandbottentorsken som är ljusgrå och ålgrästorsken med grönaktiga inslag (Curry-Lindahl 1985).

Föda

När det gäller födoval är torskens diet mycket varierande och skiftar under dess utveckling. Som yngel livnär de sig i huvudsak på små kräftdjur som pungräkor (*Mysida*) och märlkräftor (*Amphipoda*). När de vuxit förbi yngelstadiet (fyra till sex centimeter) övergår de successivt till större kräftdjur och även mindre fiskar som lodda (*Mallotus villosus*), sill (*Clupea harengus*) och vitling (*Merlangius merlangus*) (Link *et al.* 2009). Vid nordligare breddgrader utmed norska kusten upp mot Barents hav, är torskarna starkt beroende av lodda som har stora effekter på torskens tillväxt och mognad (ICES 2009a) (Curry-Lindahl 1985). Även nordhavsräkan (*Pandalus borealis*), som förekommer från Skagerrak och utmed Norska rännan (Fiskeriverket 2006) norrut mot Barents hav, utgör en betydande del av torskens diet (Worm *et al.* 2003). Större torskar är också relativt generalistisk i sitt födoval, men storleken på födan ökar med storleken på torsken, i synnerhet storleken på bytesfiskarna (Scharf *et al.* 2000). Graden av kannibalism tycks öka med torskens storlek. Kannibalism kan förekomma i Nordsjön (Daan 1973) och längre norrut till Barents hav är graden av kannibalism omvänt korrelerad till förekomst av lodda (ICES 2008b, ICES 2009a).

Fortplantning

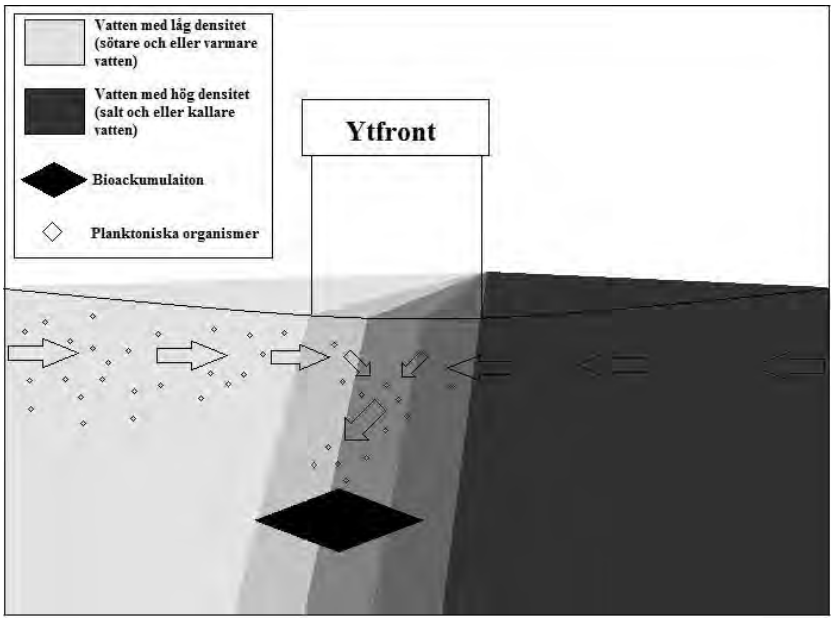
Torskar blir normalt lekmogna vid sex års ålder, men åldern varierar något mellan olika bestånd, liksom tidpunkten för parning som sker mellan januari och maj månad (Curry-Lindahl 1985, Nielsen & Svedberg 2006). Själva leken inleds med att hanen närmar sig honans ventrala sida, för att därefter anpassa sin hastighet till honans och vid denna del av akten blandas mjölke och rom genom en yttre befruktning. Det är vanligt att torskparet vid befruktningsakten får sällskap av andra uppvaktande hanar som utsöndrar mjölke då honan släpper ut sin rom (Rowe *et al.* 2004). Under parningsperioden bildar torsken större stim än under övriga tider på året (Morgan *et al.* 1997). Den bakomliggande grunden till detta beteende är dock oklar. En av flera fördelar kan vara att graden av befruktade ägg ökar med en ökad spermiekoncentration. Det finns indikationer som tyder på att då en hona släpper ut sin rom för att möta hanens mjölke, kan en mindre andel ägg befruktas av spermier från omgivande hanar. Resultatet av detta innebär fler faderskap per befruktningstillfälle (Hutchings *et al.* 1999) och således ett ökat genetiskt flöde, vilket kan vara den största fördelen av detta potentiella polyandriska beteende hos torsken (Zeh *et al.* 1996, Zeh *et al.* 1997). Agonistiskt territoriella beteenden kopplat till aggressiva handlingar förekommer, som hos så många andra arter, också mellan hanar inom torskpopulationer där storleksrelaterade hierarkier etableras i vilka större hanar tycks dominera (Hutchings *et al.* 1999).

Mognad och utveckling

I genomsnitt kan en hona bära 500 mogna ägg per gram kroppsvikt (ICES 2011b), vilket innebär att en torsk på 14 kg i genomsnitt kan bära 7 miljoner ägg (Nielsen & Svedberg 2006). Tiden det tar från att ett ägg befruktats till dess att det kläcks varierar beroende på temperaturen och därmed även tiden på året då leken äger rum (van der Meeren *et al.* 2006). Storleken och antalet ägg varierar särskilt mycket under första och andra året som lekmogen individ. Mycket pekar på att även andra faktorer kan spela in, där storleken på honan såväl som oceanografiskt ursprung vid befruktningen kan ha direkt betydelse för äggens storlek (Kjesbu *et al.* 1996, Trippel 1998). Temperaturen verkar ha störst inverkan på äggets befruktningsgrad och embryots utveckling och temperaturer strax under 9,6ºC förefaller som mest framgångsrikt för torsken (van der Meeren *et al.* 2006). Efter befruktningstillfället ökar äggets volym för att bli friflytande i vattenmassorna med liknande densitet som det omgivande vattnet med en salthalt på 28 till 33 ‰. Kläckningen sker efter omkring två till tre veckor (Nielsen & Svedberg 2006). Efter kläckningen är zooplankton den primära födokällan; särskilt arten *Calanus finmarchicus s*om är rikligt förekommande i Nordsjön, blir mål för den tidiga fasen av torskens liv (ICES 2009a). Torskynglet övergår successivt till att äta större zooplankton och småfiskar fram till dess att den är fyra till sex centimeter och tillbringat fyra till fem månader i pelagiskt vatten. Efter det övergår torsken till att bli bottenlevande. (Nielsen & Svedberg 2006 ICES 2009a).

Transport av ägg och yngel – var växer torsken upp?

Den Norska rännan har en viktig oceanografisk roll för blandningen av ytligt brackvatten från Östersjön och havsvatten från Norska havet och Nordsjön (Rodhe 1996). Resultatet av vattendynamiken som, bland annat den Norska rännan ansvarar för, är områden med olika koncentrationer i salthalt och inom områdena kan djupt näringsrikt vatten transporteras upp till den fotiska zonen (Rodhe 1996). Mellan vattenområden med olika salthalt och/eller temperatur, kan stora skillnader i vattendensitet uppstå som kallas för frontala zoner eller ytfronter. Vid en frontal zon sammanfaller olika vattenmassor och blandas om. Resultatet är vatten av en intermediär densitet som söker sig under det lättare vattnet och för med sig plankton som ackumuleras vid vissa djup (Bakun 2006) (figur 5). Det förekommer således ofta en hög lokal produktivitet i närheten av frontala zoner. Stora



Figur 5. En frontal zon uppstår där vattenmassor med olika densitet sammanfaller och för med sig planktonorganismer som ackumulerar vid ett givet djup. Figuren är omritad efter Bakun (2006).

mängder torskägg och ägg från andra arter förekommer ofta i närheten av frontala zoner i närheten av ackumulerade plankton organismer (Munk *et al.* 1995, Munk *et al.* 2009), vilket understryker sambandet mellan ansamlingar av torskägg i lokala områden och en hög primär produktivitet. Mer specifikt återfinns frontala zoner bland annat i närheten av den norska kustströmmen, jutländska kustströmmen och skagerrakfronten. Densitetsfenomen som frontala zoner kan vara starkt kopplade till torskens val av lekplatser och således uppväxtområden för deras yngel (Munk *et al.* 2009). Ett kritiskt moment för nyfödda yngel är tillgången på tillräckligt med föda vid rätt tidpunkt, särskilt med tanke på att konkurrensen är hård såväl inom samma art som mellan arter. Förekomsten av yt-fronter lägger således en trolig grund till lämpliga uppväxthabitat där torsken erbjuds möjlighet för snabb uppväxt kombinerat med låg grad av dödlighet (Bakun 2006).

Torskbeståndens födo- och lekplatser

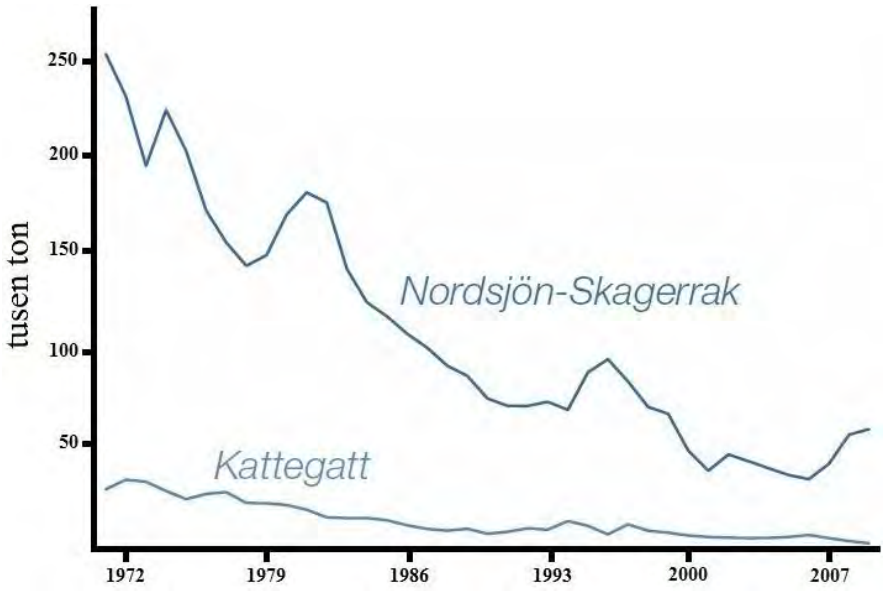
Utmed nordöstra Atlanten finns flera olika torskbestånd som man har skiljt åt med hjälp av märkning (så kallad ”taggning”) för att kunna markera ut torskar och undersöka beståndsspecifika skillnader. Även genetiska analyser (mikrosatellit DNA analys) har gjort det möjligt att fastställa ursprung för de kustnära torskarna som rör sig mellan Västerhavet och Nordsjön (Knutsen *et al.* 2004). Med nuvarande kunskap som införskaffats med hjälp av taggning och genetiska analyser, har man bland annat identifierat de nordöstra arktiska bestånden (Northeast Artic Cod, NEAC) som det största torskbeståndet i Atlanten och det norska kustbeståndet (Norwegian coastal cod, NCC) (Stransky *et al.* 2008). NCC förekommer, som antyds av namnet, utmed norska kusten och dess fjordar, medan NEAC förekommer i Barents hav (Stransky *et al.* 2008). NEAC är kända för att migrera långa sträckor, där de under sommaren rör sig från Barents hav mot front-zoner i Arktis för att söka föda (Bergstad *et al.* 1987, Sundby *et al.* 2008). Samma torskbestånd återvänder därefter under sen vinter och tidig vår, till de sydligare delarna av Barents hav och nordostligare delarna av Norska havet, som exempelvis Lofoten och norrut till Sørøya, för att leka. De nordarktiska torskbeståndens migration till och från Lofoten har varit känd sedan 800- talet och kallades på den tiden för skrei, vilket betyder ”vandraren” och är en fornnordisk term som användes för att skilja de nordarktiska torskbestånden från kustbestånden (Sundby *et al.* 2008 med referens däri), vilket man gjorde utan DNA- tekniker och ”taggning”. I en studie av Knutsen *et al.* (2003) har man genetiskt analyserat torskar utmed Skagerraks kust. Man upptäckte att torskar skiljer sig åt genetiskt med 60 kilometers mellanrum utmed Skagerraks kust. Totalt analyserades sex olika platser inom drygt 300 km av kuststräckan. Resultaten visade inte bara att det förekommer delbestånd i Skagerrak, utan även att beståndsuppdelningen knappast kan vara geografiskt relaterad. Faktumet att det vid Sveriges västkust förekommer tre olika färgvarianter av torsk bör också vara en tydlig indikation på olika bestånd inom en liten geografisk zon.

Det framgår av flera studier att torskbestånd inte går att separera enbart grundat på geografisk tillhörighet (Bergstad *et al.* 1987), men vad som är säkert är att även om torskbestånden i Nordöstatlanten utgörs av samma art, så skiljer sig torsken åt vad gäller storlek i förhållande till ålder och tidpunkt för fortplantning (Bergstad *et al.* 1987, Stransky *et al.* 2008).

Exploatering

Selektivt tryck

Torskpopulationers densitet har minskat kraftigt under senare decennier och det är rimligt att överväga flera potentiella hot som föreligger i själva reproduktionen hos populationerna. Det kan exempelvis innebära svårigheter för torsk att bilda stora stim och därmed chans till att finna partners. Om andelen befruktade ägg beror på spermiekoncentrationen, det vill säga antalet hanar, finns det anledning att anta att en minskad populationsdensitet kan leda till färre hanar per hona och således reducerat antal rekryter per lekpar (Rowe *et al.* 2004). I en studie gjord av Trippel (1998) har det visat sig att torsken genomgår en mängd olika mognadsfaser under de två första åren som lekmogen individ, där exempelvis äggstorleken hos honan ökar med 25 procent mellan det första och andra året, med förbehåll till variation mellan olika bestånd. I studien har det även framgått att fertilitetsgraden ökar med 420 procent mellan första och andra fortplantningsåret, vilket antas bero på hanens förmåga att delta i parningen, det vill säga att det troligtvis inte beror på förändrad spermakvalitet. Det råder oklarheter kring vilka förhållanden som är mest optimala för torskens mognadsutveckling och framförallt hur dessa förhållanden varierar bland annat beroende geografiska lägen, temperaturer, salthalt m.fl. Nash *et al.* (2010) har funnit tydliga skillnader i den tidiga utvecklingsfasen i lekmognad hos torskbestånd från bland annat Norska havet och Barents hav, vilket påvisar hur olika miljöbetingelser påverkar beståndsdynamiken.



Figur 6. Uppskattad utveckling av lekbiomassa av torsk i Västerhavet och Nordsjön. (Figur är återgiven med tillstånd från havsmiljöinstitutet 2010).

I både Nordsjön och Skagerrak uppskattas lekmogna torskbestånd ligga under de gränsvärden som krävs för optimal fortplantningskapacitet och för Kattegatt är lekbeståndet reducerat med över 90 procent från början av 1970-talet (Havet 2010) (figur 6).
Frågan vi nu kan ställa oss är hur faktorer som lekmognad och reproduktionsförmåga påverkas under ett ökat fisketryck där större torskar och därmed ett större antal lekmogna individer selekteras bort från populationerna.

Evolutionär respons

Det finns många anledningar till att anta att de antropogena effekter vi orsakar i naturen kommer att leda, eller redan lett till en evolutionär respons hos oräkneliga populationer. I detta sammanhang talar jag om kontemporär evolution och syftar till evolutionsprocesser som sker under ett par sekel eller till och med under ett par decennier. Enligt Stockwell *et al.* (2003) kan kontemporär evolution orsakas av bland annat selektiv exploatering och även

indirekt via habitat-fragmentering, vilket i sin tur kan leda till ökat selektionstryck. Botsford *et al.* (1997) förelår att de indirekta effekterna som fisket åstadkommer kan mycket väl ha större konsekvenser på det marina ekosystemet än själva upptaget av fisken (direkta effekter). Särskilt anmärkningsvärt är detta med tanke på att resultatet av direkta effekter från fisket uppskattas utgöra över åtta procent av vårt uttag av primärproduktion från haven (Pauly *et al.* 1995); hur många procent utgör då de indirekta konsekvenserna av fisket? Uppenbarligen åstadkommer vi direkta och indirekta konsekvenser som kan leda till effekter som evolutionär respons, frågan är i vilken utsträckning denna direkta och indirekta påverkan skett och fortsättningsvis sker.

Precis som för torsken, har andra stora populationer av marina arter utsatts för högt fisketryck, vilket har skett i tron att havet är en outtömlig resurs eftersom våra egna habitat består av land som utgör cirka 30 procent av jordens yta. Liknande argument användes så sent som på 80-talet där Vitousek *et al.* (1986) argumenterade att endast 2,2 procent av primärproduktionen i haven krävs för att tillfredställa den globala fiskeriverksamheten. Men det har visat sig orimligt eller åtminstone svårt att uppskatta biomassa på global skala, vilket studien baserades på (Pauly *et al.* 1995). Under senare år har mer noggranna uppskattningar gjorts där man kommit fram till att vårt uttag av primärproduktion från marina miljöer åtminstone är minst fyra gånger högre än vad som uppskattats från tidigare beräkningar, vilket man kommit fram till genom att istället se till näringsflödet mellan trofinivåerna och därmed utelämnat faktorer som biomassa (Pauly *et al.* 1995).

Evolutionär respons – storlek och produktivitet

Produktiviteten hos torsk utgörs av graden av tillväxt, den naturliga dödligheten och rekrytering till bestånden (Swain *et al.* 2007). Vi modifierar samtliga av dessa tre faktorer på ett eller annat sätt och konsekvenserna av det kommersiella fisket märks av i störst utsträckning hos marina områden vid nordligare breddgrader (Myers *et al.* 2003). Om vi selekterar större torskar i en population kommer sannolikt fisken växa långsammare för att undvika selektion (Swain *et al.* 2007), vilket i sin tur kan leda till en minskad grad av rekrytering (Shelton *et al.* 2006), förutsatt att storleken för lekmognad inte förblir konstant (Barot *et al.* 2004). Fiskeridödligheten som vi människor orsakar är ofta två till tre gånger så hög som den naturliga dödligheten hos utsatta fiskbestånd (Swain *et al.* 2007) och detta bör tveklöst vara en faktor som kan trigga en respons i förhållande till fiskens storlek. I en studie av Shelton *et al.* (2006) gjordes en intressant observation gällande jämförelser mellan torskbestånd, som visade att lekmognaden hos studerade bestånd inträffade vid tidigare ålder under senare delar av deras studie. Det finns ett flertal observationer som kan bekräfta att ett tillräckligt starkt selektivt tryck sannolikt kan leda till observerade förändringar under endast ett par decennier.

Torsken kliver ner i näringsväven

Näringsvävens komplexitet beror på antalet arter som interagerar i vävens pyramid. Förekommer det färre arter i ett ekosystem är länken mellan arterna mycket starkare. Så är fallet för torsken i vissa områden, som tycks reglera dess bytespopulationer genom predation och där förändringar i torskbestånden får direkta konsekvenser till deras bytespopulationer

(Link *et al.* 2009). Direkta konsekvenser märks enklast av att då en torskpopulation minskar; ökar dess bytespopulation och omvänt. För torskbestånden i Skagerrak och Nordsjön, kan det relativt säkert konstateras att den genomsnittliga storleken har minskat (Pauly *et al.* 1998, Reznick *et al.* 2005, Swain *et al.* 2007) och det skulle kunna resultera i en genetisk respons, om det inte redan gjort det. Torskens är, eller har åtminstone tidigare varit en toppredator till arter som vitling, sill och diverse evertebrater i Nordsjöns näringsväv (Link *et al.* 2009). Eftersom det hittills selektiva trycket kraftigt har missgynnat torsken, är det fullt tänkbart att trofinivån innehållande exempelvis sill och vitling kraftigt har gynnats. Pelagiska bytesfiskar som sillen är själva predator till torskens ägg, och studier har visat på att det är en riktad predation där det är storleken på torskäggen som gör dem attraktiva (Segers *et al.* 2007). Torsken säkrar således sin egen överlevnad genom att bedriva predation på sillen, och systemet är då influerat av predator-dominans. Å andra sidan utsätts också torskens byten för ett stort fisketryck, med andra ord påverkar människan både direkt och indirekt näringsväven. Torskens aktuella roll i nordöstra Atlanten förblir outredd.

Klimatförändringar – naturliga eller onaturliga?

De Atlantiska torskbestånden skiljer sig på många sätt mellan varandra och eftersom de är geografiskt separerade, utsätts de för olika biologiska och fysiska faktorer. Fysiska faktorer handlar om ljusförhållanden och oceanografiska förhållanden som temperatur och turbulens. Biologiska faktorer är kopplade till de fysiska faktorerna, där exempelvis torskägg, är beroende av den omgivande salthalten (Nielsen & Svedberg 2006). Transporten av torskägg och yngel är viktig eftersom de transporteras till lämpliga uppväxthabitat, som ofta finns i närheten av frontal-zoner och detta styrs av de oceanografiska förhållandena (Bakun 2006, Munk *et al.* 2009). Torskens chanser till överlevnad under tidiga livsskeden tycks vara beroende av habitatets födoförutsättningar där de livnär sig på växt- och djurplankton som ligger långt nere i näringsväven, samt att temperaturförändringar indirekt kan påverka torskens tidiga livsskede genom förändringar längre ned i näringsväven (Munk *et al.* 1999). Oceanografiska förhållanden och interaktioner mellan olika trofinivåer innebär att torskens respons på klimatförändringar är svåra att förutsäga (Stenvik *et al.* 2007) och en eventuell respons, från en direkt eller indirekt orsak, varierar mellan olika torskbestånd eftersom bestånden lever i olika naturtyper (Drinkwater 2005).

Temperatur och oceaniska strömmar

Latitud (breddgrad) och djup utmed Atlanten är kopplade till temperatur, vilket är primära indikatorer för biodiversitet. Arter vid vissa latituder tycks reagera starkare på klimatförändringar än andra arter. Detta har observerats för lodda, sill och till en mindre utsträckning torsk, i nordöstra Atlanten. Perioden mellan år 1920 till 1940 var ovanligt varm och resulterade i att vissa arter migrerade norrut (Rose 2005). Den nordliga migrationen märktes tydligast av vid sydligare latituder och i grundare vatten. Arter, främst pelagiska sådana, vars lek förekommer i boreal eller arktisk biotop är mer benägna att migrera norrut till följd av en ökad vattentemperatur. Även marina arter från sydligare klimatzoner förväntas ”inkräkta” i nordligare vatten (Rose 2005). Klimatet har ett stort inflytande på primärproduktionen i marina ekosystem och har delvis inverkan på zooplanktonproduktionen.

Zooplanktontransporten styrs av havsströmmar och underlättar deras kontakt med fytoplankton (Drinkwater *et al.* 2003).

Strömmarna som når in till Nordsjön och utmed norska kusten har uppnått allt högre temperaturer och salthalt sedan år 2002, vilket beror på den oceaniska cirkulationen. Ytliga strömmar i norra Atlanten har förändrats markant sedan år 2001 (Hakkinen *et al.* 2009). I en studie av Rogers *et al.* (2011) har man funnit att torskar i Skagerrak minskar i tillväxt under varma somrar, men ökar samtidigt i tillväxt under varma vårar och dessutom leker torsken tidigare än normalt under varma år. Torsken i Skagerrak upplever redan ogynnsamt höga temperaturer under sommaren och det är förväntat att om torsken inte lyckas anpassa sig till högre temperaturer, resulterar det förmodligen i ett försvinnande av lämpliga habitat för dem i Skagerrak (Rogers *et al.* 2011). Sydliga torskbestånds migreringar till nordligare breddgrader observerades under 1920- och 1930- talen, vilket sannolikt beror på ett varmare klimat (Drinkwater 2005 med referens däri). Drinkwater (2005) förutspår att en nordlig migration av sydliga torskbestånd kommer att resultera i en ökad total produktion av atlanttorsk, trots ett försvinnande av de södra bestånden. Nuvarande nord-norska och arktiska torskbestånd skulle troligtvis gynnas av en ökad rekrytering. Ålder och storlek skulle kunna minska som svar på en ökad temperatur (Drinkwater 2005). Förutsägelsen bekräftas bland annat av Ottersen *et al.* (2006) som har visat att rekrytering hos artiska och norska torskbestånd påverkas positivt av temperaturförändringar. Det föreslås i studien, precis som i studien av Drinkwater (2005), att torskens respons på en ökad temperatur resulterar i en minskad längd och ålder vid lekmognad, vilket bör leda till en ökad fortplantning. Den nordliga migrationen av torskens bytesfiskar, sill och lodda, förväntas ske i högre och snabbare takt än torsken (Rose 2005) vilket skulle innebära att torsken har gott om föda när den anländer till sina nya nordligare habitat. Istäcket vid Arktis förväntas bli isfritt i framtiden, vilket kommer att innebära en ökad ljusinstrålning till vattnet, högre värmeabsorption och ett förändrat flöde av näringsämnen till området (Stenvik *et al.* 2007). Samtliga tre faktorer kommer att gynna fyto- och zooplankton, vilket kommer att uppskattas av sillen och loddan.

Havsströmmar varierar mellan år och decennier och naturliga variationer påverkar norra Atlantens ekosystem på olika sätt (Drinkwater *et al.* 2010). I början av år 1920 till slutet av år 1930 var medeltemperaturen högre än normalt och torskbestånd migrerade mot nordligare breddgrader. Detta var en fråga om en långsiktig respons som pågick i decennier (Drinkwater 2005). En respons till naturliga variationer kan också vara kortsiktig, såsom variationer mellan år i havstemperatur. Mellanårsvariationer kan leda till att fyto- och zooplankton ökar i vissa områden (Fromentin *et al.* 1996, Drinkwater *et al.* 2010). En mellanårlig respons skulle kunna vara kopplad till en förflyttning av atlanttorskens lekområden (Sundby *et al.* 2008). Detta tyder på att olika trofinivåer samspelar i respons till korta och långa klimatrelaterade variationer. Skulle naturligt förekommande klimatvariationer kunna ha inverkan på torskens förekomst i Nordostatlanten?

Den Nordatlantiska oscillationen

Den Nordatlantiska oscillationen (NAO) är ett naturligt väder- och klimatfenomen som beror av förändringar i lufttryckskillnader mellan en lågtryckszon söder om Island och en

högtryckzon över Azorerna (en ögrupp mitt i Atlanten) (Stenvik *et al.* 2007). Tryckskillnaderna definieras enligt ett index som kan vara positivt eller negativt. Ett positivt NAO-index innebär att skillnaden i lufttryck mellan Island och Azorerna är hög. Ett negativt index innebär en låg tryckskillnad (Fromentin *et al.* 1996). NAO påverkar vindmönster över Atlanten och ett lågt NAO-index är kopplat till kyligare vintrar i Västeuropa då västvindar tar nordligare och sydligare banor. Ett positivt NAO-index skapar motsatta förhållanden och resulterar bland annat i att Atlantströmmens tillförsel av varmt tropiskt vatten ökar. Det finns ett starkt samband mellan NAO och temperatur i nordöstra Atlanten (Stenvik *et al.* 2007). NAO har en betydande inverkan på det marina samhället (Stenvik *et al.* 2007) och ett positivt NAO-index kan bidra till ett ökat inflöde av atlantvatten från sydväst. Ett ökat inflöde bidrar sannolikt till en omrörning av bottenvattnet i den norska rännan och oorganiska näringsämnen kan transporteras upp till ytan (Hagberg *et al.* 2000) vilket gynnar primärproduktionen.

År 1989 var den mildaste vintern som Nordsjön upplevt på 50 år. Hagberg & Tunberg (2000) anser att längden av perioder mellan positivt och negativt NAO-index är kopplat till milda vintrar som denna. Fromentin *et al.* (1996) har visat att ett negativt NAO-index har ett starkt samband till en hög förekomst av bland andra *C. finmarchicus*. Man har observerat att den totala förekomsten av *Calanus* -arter minskar med 18,5 procent mellan år med negativt till högt NAO-index (Fromentin *et al.* 1996). *C. finmarchicus* övervintrar i kallt bottenvatten som har transporterats in från nordligare breddgrader. Den stiger upp till ytan under våren när vattnet värmts upp och driver till Nordsjön. Förekomsten av *C. finmarchicus* har minskat i Nordsjön vilket beror på att tillströmningen av kallvatten norrifrån har minskat och är ett resultat av en ökat inflöde av varmt sötvatten från Arktis. NAO tros ha en bidragande verkan till detta ökade inflöde (Fisheries Research Services 2010). Det kan vara rimligt att torskens val av lekplats har förändrats i samband med en förändrad förekomst av *C. finmarchicus* som är otroligt viktig föda för torskyngel. Om så är fallet är det inte orimligt att det kan finnas en relevant koppling mellan torskens försvinnande och naturliga klimatvariationer.

Förordningar, direktiv och konventioner (internationell lagstiftning)

Torsken ur ett ekonomiskt perspektiv

Marina arter utgör 19 procent av människans källa till animaliskt protein och därmed en betydande del av världsekonomin (Botsford *et al.* 1997). Det totala fisketrycket runtom på jorden är uppskattat till att ha exploaterat nära hälften av de individuella fiskebestånden. Räknar vi med bestånd som redan är överexploaterade och de bestånd som redan utrotats, svarar människan för ett fisketryck som påverkar nära 66 procent av det totala fiskebeståndet på jorden (Botsford *et al.* 1997).

Den atlantiska torsken hör till en av de ekonomiskt viktigaste marina arterna i Atlanten (Sterner *et al.* 2005). Orsaken till utfiskningen av torsken i Västerhavet kan förklaras av ett relativt enkelt ekonomiskt scenario. Om det inte förekommer någon fiskeansträngning (som är en kombination av investerade fiskeresurser och det aktiva användandet av dem), genereras ingen ekonomisk avkastning och torsken förblir orörd. Om istället fiskeansträngningen är maximal, genereras en optimal ekonomisk avkastning. Med en maximal fiskeansträngning

reduceras torskbestånden och det innebär att den ekonomiska avkastningen endast är temporärt optimal. Fiskeansträngningen måste således öka och den ekonomiska avkastningen kommer aldrig att bli optimal så länge som investeringen för fiskeansträngningen ständigt ökar. Mellan graden av utebliven och maximal fiskeansträngning finns ett hållbart uttag av torskbestånd som ger en hållbar ekonomisk avkastning, även om avkastningen inte är ekonomiskt optimal (Sterner *et al.* 2005). Om dagens torskbestånd skulle vara på samma nivå som de var i Skagerrak år 1972 (figur 5), skulle dagens fiskare generera högre ekonomisk avkastning per ansträngningsenhet och närma sig ett ekonomiskt optimum. Skulle samma mängd torsk som tas upp idag, också tas upp år 1972, skulle uttaget av torsk kanske kunna vara hållbart.

Den svenska havsfiskeflottan har minskat med över 78,9 procent från år 1970 till år 2010 och det beror på att fiskekvoten har sänkts eftersom fiskebestånden minskat och kostnaden per ansträngningsenhet har således ökat (Fiskeriverket 2005, Sterner *et al.* 2005). Det finns idag färre fiskare och fiskar, vilket ur ett ekonomiskt och biologiskt ohållbart perspektiv, innebär en låg ekonomisk avkastning och en låg rekryteringsgrad av fisk.

Torsken är i dagsläget listad som starkt hotad i Sverige. IUCN, International Union for Conservation of Nature, rubricerar torsken som sårbar, medan Norge anser att torskbestånden är livskraftiga och de således är utom fara. Olika länder och unioner tycks definiera torskens tillstånd på olika sätt beroende på geografisk tillhörighet och det kan vara bra att titta närmare på vad fiskeripolitiken säger inom och mellan länder.

EU:s fiskeripolitik

Den totala vikten av lekmogna torskar i Nordsjön låg kraftigt under vad man kallar för en referenspunkt av biomassa med cirka 35500 ton år 2001 och både EU och Norge var överrens om att vidta omgående åtgärder. Åtgärderna resulterade i att stänga av torskfisket under deras lekperiod i större delen av Nordsjön (ICES 2011b). Målet var en återhämtning upp till 150000 ton men ingen återhämtning av torsken har observerats efter åtgärden. Det kan vara så att skadorna på torskbestånden redan är för stora för att en snabb återhämtning ska vara möjlig, eller så behövs en längre återhämtningstid. EU har senare antagit ett ramdirektiv om en marin strategi (2008/56/EG), där integrerandet av ekonomi och ett hållbart utnyttjande av marina system framhäver syftet av att ”uppnå en god miljöstatus”. Det erkänns i direktivet att det förkommer alltför ofta för stora tryck på marina ekosystem och att medlemsländerna skall vidta förbättrande åtgärder oavsett var effekterna uppstår, vilket borde gälla torskens fortplantningsområden. Men som i de flesta juridiska och politiska handlingar lyser avvägningsregeln med sin närvaro, med inbördes betydelse att ekonomiska avvägningar kan underminera miljömässiga åtgärder. En återkommande uppmaning är dock medlemsländernas skyldighet att följa de internationella avtal som styrker syftet med direktivet. De betydelsefulla avtal för den Nordatlantiska torsken som omnämns i direktivet är bland andra FN:s havsrättskonvention för nordöstra Atlanten. Konventionen ger viktigt stöd till fortsatt marin forskning och stärker budskapet om att dagens problem med marina miljöer är sammankopplade med varandra (FN 1982). Totalt har 15 länder (inklusive EU) accepterat konventionen med bland andra Sverige, Norge, Island och Danmark. Vikten av konventioner

såsom havsrättskonventionen ligger i att de ofta är stora internationella överrenskommelser som kan binda länder (ratificeras) till konventionernas syften, vilket gör dem i högsta grad väsentliga för marina åtgärder.

EU:s tidigare mål inom fiskeripolitiken har varit att främja en ökad fiskproduktion, men idag utgår politiken ifrån att tillgången av fiskevatten skall vara lika mellan medlemsländerna och att de skall ha ett gemensamt förvaltningsansvar. Den huvudsakliga förordningen bakom EU:s fiskeripolitik heter just ”bevarandet och hållbart utnyttjande av fiskeresurserna” ((EG) nr 2371/2002) och det framgår även att ett hållbart utnyttjande ska uppnås strategiskt, där högsta prioritet skall ges för bestånd som rör sig ”utanför biologiska gränser” (SOU 2010:42), det vill säga utanför EU:s kontroll. EU:s lag gäller framför nationell lagstiftning, vilket innebär att medlemsländers egen lagstiftning inte får strida mot EU:s lagstiftning.

Sveriges, Danmark och Norge

I den svenska lagstiftningen, närmare bestämt miljöbalken (1998:808), ges särskilt skydd för svenska vatten som är av betydelse för yrkesfisket (3 kap. 5§). Men samtidigt är miljöbalkens övergripande mål att främja en hållbar utveckling och bevara den biologiska mångfalden (1 kap. 1§) vilket gör skydd mot yrkesfiskarnas verksamhetsområden något motsägelsefullt med avseende på dagens torskfiske. Miljöbalken är i princip tillräckligt bred med balkens övergripande mål för att torsken skulle kunna få ett utökat skydd på svenskt territorium, såtillvida att det inte inskränker europeiska direktiv. Licensiering av yrkesfisket beskrivs i den svenska fiskelagen (1993:787) och regleras på liknande sätt som Danmarks fiskelag, särskilt eftersom bägge länderna måste följa EU:s regleringar för kvoter, fångstmetoder m.m. En stor skillnad är dock att en Danmark lägger en stor vikt vid att bevara den befintliga fiskeverksamheten. Det bör tilläggas att den svenska regeringen år 2002 med påtryckning från Miljöpartiet, skulle införa ett totalt fiskestopp under ett års tid i Östersjön, Nordsjön och Västerhavet, men det saknades lagligt stöd p.g.a. att dessa hav delas av andra länder (SOU 2010:42).

Västerhavet delas geografiskt sett av Danmark, Sverige och Norge som inte är med i EU. Redan här stöter de kvarvarande torskbestånden på juridiska och politiska implikationer i form av territoriala gränser. Väger vi dessutom in Nordsjön tillkommer ytterligare ett land. Det största fisketrycket på torskbestånden i Nordsjön står Danmark och Storbritannien för. Även länder som Tyskland och Nederländerna har tidigare bidragit med ett stort fisketryck, men torskbestånden har minskat tillräckligt för att stora torskspecialiserade fiskeflottor inte längre är ekonomiskt hållbara för dessa länder (ICES 2011b).

I Norge finns över 12000 aktiva yrkesfiskare som är nästan sex gånger fler än i Sverige, vilket visar hur viktig fiskenäringen är för landet (SOU 2010:42). Norges fiskeskydd utgår från en ny fiskelagstiftning (NOU 2005:10) som trädde i kraft den första januari 2009, med tyngd kring resurskontroll. Man ville i och med den nya lagstiftningen införa internationella åtaganden och skapa en förvaltning som beaktar ekosystemens skydd och återställande. En intressant skillnad mellan Norge och EU är att den norska fiskelagen kräver att all fångad fisk skall tas i land. EU däremot, medger inte att otillåtna bifångster får tas i land, vilket får kritik

som resursslöseri. Man kan kortfattat säga att Norge ligger steget före Sverige ur nationellt juridiskt fiskevårdsperspektiv. Fiskelagsutredningen lade fram förslag till en ny svensk fiskelag (SOU 2010:42) då fiskeriverket ansett och fortfarande anser att en ny fiskelag är nödvändig. Utredningen är dock otillräckligt på flera områden och fiskeriverket anser nu att Sverige måste invänta den nya fiskeripolitiken som skall presenteras av EU år 2013 (Fiskeriverket 2011), vilket innebär en rejäl fördröjning till förbättring av Sveriges nationella fiskelag.

Diskussion

Torsken har minskat kraftigt i Västerhavet under de senaste decennierna och ligger idag på rekordlåga nivåer (ICES 2010c), men är det en följd av extremt fisketryck eller en nordlig migration, eller en kombination av båda?

Hårt exploaterade torskbestånd kan variera mycket i antal mellan olika år och det beror på förändringar i rekrytering där hydrodynamiska faktorer är av stor betydelse, så som inflöde av vatten från Nordsjön till Skagerrak (Knutsen *et al.* 2004) och den inverkan frontala zoner kan ha på distributionen av de organismer som ingår i torskynglens födoval (Munk *et al.* 1995). Torskyngel driver passivt med havsströmmar bland annat från Nordsjön utmed Norska rännan mot Skagerrakfronten. Inflödet av torskyngel från Nordsjön kan utgöra majoriteten av det totala antalet yngel i Västerhavet (Munk *et al.* 1995, Cardinale *et al.* 2004). Om så är fallet skulle det kunna innebära att fiskedödligheten i Nordsjön är överskattad (Svedäng *et al.* 2010). Trots den extremt låga förekomsten av torsk, framförallt i Kattegatt, kan viss nyrekrytering förekomma i Västerhavet (Munk *et al.* 1995).

I dag anses torsken vara kommersiellt utrotad i största delen av Nordsjön (Svedäng *et al.* 2010) och det skulle således innebära att rekryteringen till Västerhavet från Nordsjön är låg. Med kommersiell utrotning generas inte längre en hållbar ekonomisk avkastning i förhållande till fiskeansträngningen (Hutchings *et al.* 1994) och då finns bara två lösningar på problemet; en hållbar och en ohållbar lösning. Den hållbara lösningen är given; ett kommersiellt utrotat torskbestånd måste få chans att återhämta sig innan det kollapsar totalt. Den ohållbara lösningen, som man länge har använt sig av, är att utveckla nya tekniska lösningar som ökar fiskeansträngningen.

Problemet med att definiera torskens förekomst ligger i att definiera beståndsstrukturen. Knutsen *et al.* (2002) lyckades separera torskar baserade på genetiska skillnader och separerade på så vis sex olika bestånd utmed Skagerraks kust. Beståndsskillnaden kan inte bero på geografiska skillnader och det är tvivelaktigt att oceanografiska förhållanden utmed Skagerraks kuststräcka ensamt skulle kunna förklara beståndsskillnaderna. Tendenser till en beståndsseparation bör vara av genetisk karaktär (Knutsen *et al.* 2003). Det ohållbara fisketrycket som har pågått i Västerhavet under 1900-talet kan mycket väl ha orsakat en uppsplittring av större bestånd till delbeståndsstrukturen som idag kan förekomma i Västerhavet. Svedäng *et al.* (2010) har förutspått att fem av totalt åtta förmodade delbestånd i Kattegatt kommer att vara utrotade (om de inte redan är det) inom ett decennium och det är

sannolikt att torskens lekplatser redan har försvunnit i Kattegatt (Svedäng *et al.* 2003). Delbeståndsstrukturen som tycks förekomma i Västerhavet har inte tagits i beaktande av varken stater eller forskningsorgan (Svedäng *et al.* 2010). Det är otroligt viktigt att skilja bestånden åt (Knutsen *et al.* 2003) om statliga förvaltningsmodeller skall fungera, vilket hittills varit ett misslyckande i Västerhavet eftersom torskbestånden betraktas enhetligt (Svedäng *et al.* 2010). EU:s råd vet om att torskbestånden i Västerhavet och Nordsjön hotas av kollaps och rubricerar bestånden som ”förbrukade” ((EC) No 423/2004). EU utgår från att det finns totalt tre bestånd i Västerhavet och Nordsjön och vidtar åtgärder utifrån den informationen. Delbeståndens lekplatser behöver kartläggas och skyddas då kustnära torskars framgång i Västerhavet beror på den lokala rekryteringen (Knutsen *et al.* 2003) och prognoser har visat att delbestånd återhämtar sig avsevärt efter cirka 20 år, under förutsättning att områdena skyddas från fiske (Svedäng *et al.* 2010).

EU har tagit fram ett flerårigt program för torskbestånden i Västerhavet och Nordsjön från och med år 2008 ((EC) No 1342/2008), vari det framgår att fiskeridödligheten skall minskas med 25 procent jämfört med föregående års motsvarande fiskedödlighet. Minskningen på 25 procent, vilket år 2011 skulle motsvara en sänkning med 95 ton för Kattegatt, gäller endast då EU:s vetenskapliga organ anser, i samråd med ICES, att kvoten bör sänkas till ett absolut minimum. Till att börja med delar EU torskbestånden med Norge och det framgår i förordningen till programmet, att det innebär vissa politiska bekymmer. ICES gör gällande att begränsningen inte är nämnvärt tillräcklig. Dessutom baserar EU aktuella torskfångster på inrapporterad opartisk information. ICES har uppskattat att torskfisket har varit upp till fem gånger högre än vad som inrapporterats de senaste åren (ICES 2009b) och det är EU medvetet om. Om man dock bortser från osäkerheten av opartisk inrapportering, anser ICES att en kraftig ökning av lekbeståndsbiomassan i Kattegatt skulle vara möjligt i framtiden med den nuvarande åtgärdsplanen. Det skulle betyda att om EU baserade åtgärdsplanen utifrån ett olovligt fiske som är fem gånger högre, skulle åtgärdsplanen innebära en 100 procents minskning av fiskeridödlighet. Uppenbarligen skiner ekonomiska avvägningar över radikalt hållbara åtgärder för att bevara torskbestånden. Men eftersom det fortfarande förekommer osäkerheter kring torskens fortplantningsförhållanden och felaktigt inrapporterad information av torskfångster, är det inte ekonomiskt försvarbart för en stor internationell ekonomisk förening som EU att vidta större åtgärder än vad som för tillfället anses vara nödvändigt.

Trots att människan står för mycket av fiskedödligheten i Nordostatlanten är det ändå rimligt att väga in miljömässiga faktorer eftersom åtgärder även bör formuleras utifrån dem.

Ytliga strömmar i norra Atlanten genomgår förändringar. Salthalt och temperatur ökar i Nordsjön (Hakkinen *et al.* 2009) och Nordsjön har kontakt med Västerhavet. En ökad salthalt skulle öka torskäggets flytförmåga (Nielsen & Svedberg 2006) vilket gör dem mer utsatta för ytliga Nordatlantiska strömmar, vilket innebär att torskäggens distribution också förändras med ett förändrat strömmönster. En ökad havstemperatur kan också leda till att torsk migrerar norrut (Rose 2005) och det påverkar sannolikt lägre trofinivåer i näringsväven i Nordsjön och Västerhavet negativt, särskilt *C. finmarchicus*. Dramatiska temperaturväxlingar kan också vara något av en tillfällig karaktär i samband med NAO. En lägre period med ett starkt

positivt NAO-index skulle kanske vända negativa trender i näringsväven. Samtliga storskaliga klimatförändringar bör också ha direkt inverkan på frontalzoner och således direkt inverkan på den lokala produktiviteten vilket indirekt påverkar torskyngel. Om distributionsmönstret ändrats för torsken i Nordostatlanten bör man väga in det i åtgärdsplaner. Det vill säga att det kanske är onödigt att slösa ekonomiska resurser på att skydda områden som inte längre är nödvändiga för torsken.

Den mest radikala minskningen som någonsin registrerats har varit för torskbestånden vid Newfoundland och Labrador utmed Kanadas sydöstra kust. Det som en gång tillhörde ett av jordens rikaste torskbestånd har minskat med cirka 97 procent från år 1968 till 2001 och redan under år 1977 var beståndet nära en kommersiell utrotning. Felaktig information gällande torskbeståndets tillväxt drev på de ekonomiska aspekterna och den politiska optimismen. Fiskerier i området fick utöka fiskeområdet med 200 mil och snart hade beståndet kollapsat (Hutchings *et al.* 1994, Hutchings *et al.* 2004 med referens däri) och återhämtar sig inte trots ett minskat fiske. Det står relativt klart att fiskedödligheten har burit det största ansvaret för kollapsen av torskbestånden i Kanadas sydöstra kust.

Kommer ansvariga länder för torskbestånden i Nordostatlanten följa Kanadas exempel eller kommer de agera korrekt och framförallt i tid?

I Öresund är förekomsten relativt hög av torskar som är tre år och äldre. Sammantaget är den totala rekryteringen av torsk högre i Öresund än i Kattegatt, trots att Öresund endast motsvarar 10 procent av Kattegats yta. Torskfisket i Öresund präglas under senare år av nätfiske medan hela fiskemönstret i Kattegatt nästan uteslutande domineras av bottentrål (Svedäng *et al.* 2010 med referens däri). Skillnader i fiskemönster mellan Östersund och Kattegatt tycks ha gett resultat och det framgår att nätfiske är skonsammare mot torsksamhället. Faktumet att fisket i Öresund skonar större torskar styrker sambandet mellan storlek och produktivitet. EU och Norge borde ta lärdom av Öresunds exempel och låta fiskeriverksamheten uteslutande präglas av ett fiske som helt skonar äldre och därmed reproduktivare årsklasser. Om de största årsklasserna fortsätter att selekteras kommer det leda till att årsklasserna minskar och dessutom kan torskens respons vara en minskning i storlek och tidigare mognad. En yngre torsk producerar färre ägg och livsdugligheten för avkomman minskar (Trippel 1998).

EU och Norge har tidigare visat sig villiga att vidta åtgärder som är av det mer dramatiska slaget, men det har hittills inte räckt till en återhämtning för torsken. Min uppmaning till EU och Norge är att ta vetenskapliga fakta på större allvar. Det är mer ekonomiskt hållbart att agera för snabbt och kanske vidta allt för stora åtgärder nu, för att eventuellt minska dem senare. Om det visar sig att forskarvärlden har fel kan alltid torskkvoterna höjas senare för att kompensera en tidigare ekonomisk förlust. Torskfisket är ohållbart, men de ansvariga bakom fisket måste inse att det gäller även den ekonomiska avkastningen och även om torsken är en förnyelsebar resurs betyder det inte att den är outtömlig.

”Jag tror att det med säkerhet kan konstateras att, i relation till vårt nuvarande sätt att fiska, är antalet av de viktigaste havsfiskerierna såsom torskfisket, sillfisket och makrillfisket outtömliga.”
Prof. Huxley. The New York Times den 17 November 1895

Tack

Ett stort tack till Joel Lönnqvist och Andreas Johansson som visat att det går att finna fel i de mest perfekt skrivna texter. Ett stort tack till Dr. Katariina Kiviniemi-Birgersson som hjälpt med att finna nyttig information och även ett tack till Dr. Anna Brunberg för en välbehövlig återkoppling. Bilden på framsidan är tagen av min älskade bror Cristoffer Forssander.

Referenser

Almroth A, Skogen M, Stipa I, Niiranen S. 2006. The year 2006 an eutrophication status report of the North Sea, Skagerrak, Kattegat and the Baltic Sea. A demonstration project, SMHI, oceanografi. Havsforskningsinstitutet, Institute of marine research. 91, 2008.

Bakun A. 2006. Fronts and eddies as key structures in the habitat of marine fish larvae: opportunity, adaptive response and competitive advantage. Scientia Marina **70**: 105-122.

Barot S, Heino M, O’Brien L, Dieckmann U. 2004. Long-term trend in the maturation reaction norm of two cod stocks. Ecological Applications **14**: 1257-1271.

Bergstad OA, Jörgensen T, Dragesund O. 1987. Life-History and Ecology of the Gadoid Resources of the Barents Sea. Fisheries Research **5**: 119-161.

Botsford LW, Castilla JC, Peterson CH. 1997. The management of fisheries and marine ecosystems. Science **277**: 509-515.

Cardinale M, Svedäng H. 2004. Modelling recruitment and abundance of Atlantic cod, Gadus morhua, in the eastern Skagerrak-Kattegat (North Sea): evidence of severe depletion due to a prolonged period of high fishing pressure. Fisheries Research **69**: 263-282.

Daan N. 1973. A Quantitative Analysis of the Food Intake of North Sea Cod Gadus-Morrhua. Netherlands Journal of Sea Research **6**: 497-517.

Danielssen DS, Edler L, Fonselius S, Hernroth L, Ostrowski M, Svendsen E, Talpsepp L. 1997. Oceanographic variability in the Skagerrak and Northern Kattegat, May-June, 1990. Ices Journal of Marine Science **54**: 753-773.

Drinkwater KF, Belgrano A, Borja A, Conversi A, Edwards M, Greene CH, Ottersen G, Pershing AJ, Walker H. 2003. The Response of Marine Ecosystems to Climate Variability Associated With the North Atlantic Oscillation. The American Geophysical Union, 2003. 10.1029/134GM10 p. 211 – 234.

Drinkwater KF. 2005. The response of Atlantic cod (Gadus morhua) to future climate change. Ices Journal of Marine Science **62**: 1327-1337.

Drinkwater, K., Schrum, C., and Brander, K. (Eds). 2010. Cod and future climate change. ICES Cooperative Research Report No. 305. 88 pp.

Fisheries Research Services 2010. FRS Marine Laboratory. Zooplankton and Climate Change – the

Calanus Story. WWW-dokument 2010- 03- 26: http://www.scotland.gov.uk/Uploads/Documents/ME02Zooplankton.pdf. Hämtad 2011- 05- 12.

Fiskeriverket. 2005. Sött & Salt – EU-stöd bidrog till effektivare flotta – som inte kan utnyttjas. WWW-dokument 2005- 09- 26: https://sottosalt.fiskeriverket.se/artiklar/eustodbidrogtilleffektivareflottasomintekannyttjas.5.28d9b61d126d6846f2980001152.html. Hämtad 2011- 05- 08.

Fiskeriverket. 2006. Nordhavsräka. WWW-dokument 2006- 12- 12: https://www.fiskeriverket.se/vanstermeny/fiskochskaldjur/arter/allaarter/nordhavsrakapandalusborealis.4.1490463310f1930632e80004006.html. Hämtad den 2011- 04- 20.

Fiskeriverket. 2011. Yttrande. WWW-dokument 2011- 03- 18: https://www.fiskeriverket.se/arkiv/pressrumochpublikationer/publikationer/publikationerremisserochyttranden/nyfiskelagmasteinvantaeusfiskeripolitik.5.7920eb4612b67b1eed280007514.html. Hämtad 2011- 05- 08.

Fromentin JM, Planque B. 1996. Calanus and environment in the eastern North Atlantic .2. Influence of the North Atlantic Oscillation on C-finmarchicus and C-helgolandicus. Marine Ecology-Progress Series **134**: 111-118.

FN. 1982. Förenta Nationerna-Oceans and Law of the Sea 1982. Överblick och full text. WWW-dokument 2010- 07- 21: http://www.un.org/Depts/los/convention_agreements/convention_overview_convention.htm. Hämtad 2011- 05- 09.

Hagberg J, Tunberg BG. 2000. Studies on the covariation between physical factors and the long-term variation of the marine soft bottom macrofauna in Western Sweden. Estuarine Coastal and Shelf Science **50**: 373-385.

Havsmiljöinstitutet. 2010. Anon Cod in the Kattegatt. In: ICES WGBFAS Report 2010. Anon Cod In: ICES WGNSSK Report 2010. http://www.ices.dk/reports/ACOM/2010/WGNSSK/Sec%2008%20Plaice%20in%20Subarea%20IV.pdf. Hämtad 2011- 05- 31.

Hakkinen S. 1999. Variability of the simulated meridional heat transport in the North Atlantic for the period 1951-1993. Journal of Geophysical Research-Oceans **104**: 10991-11007.

Hakkinen S, Rhines PB. 2009. Shifting surface currents in the northern North Atlantic Ocean. Journal of Geophysical Research-Oceans **114**:12.

Hutchings JA, Bishop TD, McGregor-Shaw CR. 1999. Spawning behaviour of Atlantic cod, Gadus morhua: evidence of mate competition and mate choice in a broadcast spawner. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **56**: 97-104.

Hutchings JA, Myers RA. 1994. What Can Be Learned from the Collapse of a Renewable Resource - Atlantic Cod, Gadus-Morhua, of Newfoundland and Labrador. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **51**: 2126-2146.

Hutchings JA, Reynolds JD. 2004. Marine fish population collapses: Consequences for recovery and extinction risk. Bioscience **54**: 297-309.

ICES 2011a FishMap, Factors affecting the distribution of North Sea fish. WWW-dokument 2006- 01- 11: http://www.ices.dk/marineworld/fishmap/pdfs/factors.pdf. Hämtad 2011- 05- 04.

ICES 2011b FishMap. Cod Basic. WWW-dokument 2006- 11- 09: http://www.ices.dk/marineworld/fishmap/ices/pdf/cod.pdf. Hämtad 2011- 05- 04.

ICES. 2008a. Report of the ICES Advisory Committee, 2008. Books 1-10. 1842 pp.
ICES. 2008b. Report of the ICES Advisory Committee, 2008. ICES Advice, 2008. Book 3, 106pp.
ICES Advice 2008c. Book 6, North Sea. Ecosystem overview. WWW-dokument (datum saknas): http://www.ices.dk/committe/acom/comwork/report/2008/2008/6.1-6.2%20North%20Sea%20ecosystem%20overview.pdf. Hämtad 2011- 05- 12.
ICES Advice 2009a, Book 3, Barents hav och Norska havet. WWW-dokument 2009- 12- 03: http://www.ices.dk/committe/acom/comwork/report/2009/2009/Barents%20Sea%20Ecosystem%20overviews.pdf. Hämtad 2011- 05- 04.
ICES. 2009b. Report of the ICES Advisory Committee 2009. ICES Advice, 2009. Book 6, 236pp.
Kjesbu OS, Solemdal P, Bratland P, Fonn M. 1996. Variation in annual egg production in individual captive Atlantic cod (Gadus morhua). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **53**: 610-620.
Knutsen H, Jorde PE, Andre C, Stenseth NC. 2003. Fine-scaled geographical population structuring in a highly mobile marine species: the Atlantic cod. Molecular Ecology **12**: 385-394.
Knutsen H, Andre C, Jorde PE, Skogen MD, Thuroczy E, Stenseth NC. 2004. Transport of North Sea cod larvae into the Skagerrak coastal populations. Proceedings of the Royal Society Biological Sciences Series B **271**: 1337-1344.
Knutsen H, Jorde PE, Andre C, Stenseth NC. 2003. Fine-scaled geographical population structuring in a highly mobile marine species: the Atlantic cod. Molecular Ecology **12**: 385-394.
Lilly GR, Wieland K, Rothschild BJ, Sundby S, Drinkwater KF, Brander K, Ottersen G, Carscadden JE, Stenson GB, Chouinard GA, Swain DP, Daan N, Enberg K, Hammill MO, Rosing-Asvid A, Svedäng H, Vazquez A. 2008. Decline and Recovery of Atlantic Cod (Gadus morhua) Stocks throughout the North Atlantic. Resiliency of Gadid Stocks to Fishing and Climate Change **24**: 39-66,364
Link JS, Bogstad B, Sparholt H, Lilly GR. 2009. Trophic role of Atlantic cod in the ecosystem. Fish and Fisheries **10**: 58-87.
Loeng H. 1991. Features of the Physical Oceanographic Conditions of the Barents Sea. Polar Research **10**: 5-18.
Morgan MJ, DeBlois EM, Rose GA. 1997. An observation on the reaction of Atlantic cod (Gadus morhua) in a spawning shoal to bottom trawling. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **54**: 217-223.
Munk P, Fox CJ, Bolle LJ, van Damme CJG, Fossum P, Kraus G. 2009. Spawning of North Sea fishes linked to hydrographic features. Fisheries Oceanography **18**: 458-469.
Munk P, Larsson PO, Danielsen D, Moksness E. 1995. Larval and Small Juvenile Cod Gadus-Morhua Concentrated in the Highly Productive Areas of a Shelf Break Front. Marine Ecology-Progress Series **125**: 21-30.
Munk P, Larsson PO, Danielssen DS, Moksness E. 1999. Variability in frontal zone formation and distribution of gadoid fish larvae at the shelf break in the northeastern North Sea. Marine Ecology-Progress Series **177**: 221-233.
Myers RA, Worm B. 2003. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. Nature **423**: 280-283.
Naturvårdsverket och Havsmiljöinstitutet. 2010. Komplex förvaltning av torsk. I: Viklund K, Brenner U, Tidlund A, Svärd M. (red.). Havet 2010. Havet – om miljötillståndet i svenska havsområden, ss. 56-61.

Nash RDM, Pilling GM, Kell LT, Schon PJ, Kjesbu OS. 2010. Investment in maturity-at-age and -length in northeast Atlantic cod stocks. Fisheries Research **104**: 89-99.

Nielsen L, Svedberg U. 2006. Våra fiskar. Prisma, Norstedts förlagsgrupp AB, Stockholm

Ottersen GDO, Hjermann DO, Stenseth NC. (2006). Changes in spawning stock structure strengthen the link between climate and recruitment in a heavily fished cod (Gadus morhua) stock. Fisheries Oceanography **15**: 230-243.

Pauly D, Christensen V. 1995. Primary Production Required to Sustain Global Fisheries (Vol 374, Pg 255, 1995). Nature **376**: 255-257.

Pauly, D., V. Christensen, et al. 1998. Fishing down marine food webs. Science **279**: 860-863.

Reverdin G, Niiler PP, Valdimarsson H. 2003. North Atlantic Ocean surface currents. Journal of Geophysical Research-Oceans **108**: 1-3.

Reznick DN, Ghalambor CK. 2005. Can commercial fishing cause evolution? Answers from guppies (Poecilia reticulata). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **62**: 791-801.

Rodhe J. 1996. On the dynamics of the large-scale circulation of the Skagerrak. Journal of Sea Research **35**: 9-21.

Rogers LA, Stige LC, Olsen EM, Knutsen H, Chan KS, Stenseth NC. 2011. Climate and population density drive changes in cod body size throughout a century on the Norwegian coast. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America **108**: 1961-1966.

Rose GA. 2005. On distributional responses of North Atlantic fish to climate change. Ices Journal of Marine Science **62**: 1360-1374.

Rowe S, Hutchings JA, Bekkevold D, Rakitin A. 2004. Depensation, probability of fertilization, and the mating system of Atlantic cod (Gadus morhua L.). Ices Journal of Marine Science **61**: 1144-1150.

Scharf FS, Juanes F, Rountree RA. 2000. Predator size - prey size relationships of marine fish predators: interspecific variation and effects of ontogeny and body size on trophic-niche breadth. Marine Ecology-Progress Series **208**: 229-248.

Segers FHID, Dickey-Collas M, Rijnsdorp AD. 2007. Prey selection by North Sea herring (Clupea harengus), with special reference to fish eggs. Ices Journal of Marine Science **64**: 60-68.

Shelton PA, Sinclair AF, Chouinard GA, Mohn R, Duplisea DE. 2006. Fishing under low productivity conditions is further delaying recovery of Northwest Atlantic cod (Gadus morhua). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **63**: 235-238.

Stenevik EK, Sundby S. 2007. Impacts of climate change on commercial fish stocks in Norwegian waters. Marine Policy **31**: 19-31.

Sterner T, Svedang H. 2005. A net loss: Policy instruments for commercial cod fishing in Sweden. Ambio **34**: 84-90.

Stockwell CA, Hendry AP, Kinnison MT. 2003. Contemporary evolution meets conservation biology. Trends in Ecology & Evolution **18**: 94-101.

Stransky C, Baumann H, Fevolden SE, Harbitz A, Hoie H, Nedreaas KH, Salberg AB, Skarstein TH. 2008. Separation of Norwegian coastal cod and Northeast Arctic cod by outer otolith shape analysis. Fisheries Research **90**: 26-35.

Strömblom B, Nord, J. Fiske 2020. På väg mot en ekosystembaserad fiskeriförvaltning, 2010. p. 59–61.

Sundby S, Nakken O. 2008. Spatial shifts in spawning habitats of Arcto-Norwegian cod related to multidecadal climate oscillations and climate change. Ices Journal of Marine Science **65**: 953-962.

Swain DP, Sinclair AF, Hanson JM. 2007. Evolutionary response to size-selective mortality in an exploited fish population. Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences **274**: 1015-1022.

Svedäng H, Bardon G. 2003. Spatial and temporal aspects of the decline in cod (Gadus morhua L.) abundance in the Kattegat and eastern Skagerrak. Ices Journal of Marine Science **60**: 32-37.

Svedäng H, Righton D, Jonsson P. 2007. Migratory behaviour of Atlantic cod Gadus morhua: natal homing is the prime stock-separating mechanism. Marine Ecology-Progress Series **345**: 1-12.

Svedäng H, Stal J, Sterner T, Cardinale M. 2010. Consequences of Subpopulation Structure on Fisheries Management: Cod (Gadus morhua) in the Kattegat and Oresund (North Sea). Reviews in Fisheries Science **18**: 139-150.

Trippel EA. 1998. Egg size and viability and seasonal offspring production of young Atlantic cod. Transactions of the American Fisheries Society **127**: 339-359.

van der Meeren T, Ivannikov VP. 2006. Seasonal shift in spawning of Atlantic cod (Gadus morhua L.) by photoperiod manipulation: egg quality in relation to temperature and intensive larval rearing. Aquaculture Research **37**: 898-913.

Vitousek PM, Ehrlich PR, Ehrlich AH, Matson PA. 1986. Human Appropriation of the Products of Photosynthesis. Bioscience, 1986. **36**: 368-373.

Worm B, Myers RA. 2003. Meta-analysis of cod-shrimp interactions reveals top-down control in oceanic food webs. Ecology **84**: 162-173.

Zeh JA, Zeh DW. 1996. The evolution of polyandry I: Intragenomic conflict and genetic incompatibility. Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences **263**: 1711-1717.

Zeh JA, Zeh DW. 1997. The evolution of polyandry .2. Post-copulatory defences against genetic incompatibility. Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences **264**: 69-75.