



UPPSALA
UNIVERSITET

Ålens försvinnande

Varför håller den europeiska ålen *Anguilla anguilla* på att dö ut?

Joel Lönnqvist

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

Sammandrag

Under de senaste 30 åren har ålens rekrytering minskat dramatiskt och mängden glasål är idag bara mellan 1–9 % av vad som fanns på slutet av 1970-talet (ICES 2010). Denna uppsats är en sammanställning över de olika bidragande orsakerna till ålens kraftiga minskning de senaste decennierna (Moriarty & Dekker 1997). Syftet med arbetet är att få en överblick över de problem som finns, vilka åtgärder som tas för att motverka dem och vad som kan göras i framtiden för att bryta den negativa utvecklingen.

Ålen är långlivad och kan bli väl över 30 år gammal, därför tar det lång tid att se förändringar i beståndets status. Även om det på vissa platser finns rikligt med vuxen ål så är nu rekryteringen av ålyngel (glasål) rekordlåg (Dekker *et al.* 2007). Det finns ingen enskild orsak som kan förklara ålens kraftigt försämrade rekrytering. Istället är det fråga om en mängd olika bidragande orsaker som tillsammans påverkar ålens reproduktion negativt. Identifierade orsaker är föroreningar, vandringshinder, överfiske, habitatförstöring, förändringar i havsströmmar, sjukdomar och parasiter (Dekker *et al.* 2007). Flera av dessa problem orsakade av människan kan tyvärr vara oåterkalleliga då skadan redan är skedd. Parasiter har redan spridits och etablerat sig genom introduktion av främmande arter. Förändringar i havsströmmar till följd av global uppvärmning är svåra att påverka, men åtgärder kan tas för att inte göra klimatsituationen värre. Även om det kan kännas hopplöst så finns fortfarande många möjliga åtgärder som kan tas till, för att förhindra att ålen dör ut. Förslag på genomförbara åtgärder är; restaurering av förstörda habitat, bättre hantering av miljöfarliga kemikalier och anpassning av vattenkraften så att vandrande fisk kan passera dessa (Dekker *et al.* 2007). Den orsaken som ändå skulle vara lättast att åtgärda är det hårda fisketrycket. Ål fiskas hårt i alla delar av dess livscykel och 1000-tals ton fiskas upp i Europa varje år (Fiskeriverket 2010). ICES (International Council for the Exploration of the Sea) har gett rådet att ”all mänsklig påverkan på ålen ska vara så nära noll som möjligt, tills beståndet återhämtat sig”. Trots detta fortsätter fisket men smärre restriktioner börjar införas åtminstone i vissa delar av ålens utbredningsområde (Fiskeriverket 2011).

Inledning

Det finns 15 olika arter ål i släktet *Anguilla* och de mest studerade av dessa är; europeisk ål *Anguilla anguilla*, amerikansk ål *Anguilla rostrata* och japansk ål *Anguilla japonica*. Dessa tre arter gör alla långa vandringar till mitten av oceaniska strömvirvlar för att leka. Den europeiska ålen har ett utbredningsområde som sträcker sig från norra Europa och Island till floden Nilen i Afrika. Det är den europeiska ålen som gör den längsta lekvandringen av alla ålar då den simmar från Europa och Nordafrika ca. 6000 km västerut till Sargassohavet i Atlanten. *A. rostrata* som har sitt utbredningsområde längs Nordamerikas östkust har även den sin lekplats i Sargassohavet (Tesch 1977). *A. japonica* finns i Japan och i östra Kina och denna leker i Stilla havet söder om Japan. Europeisk, amerikansk, och japansk ål är alla mycket lika morfologiskt och alla viktiga ekonomiskt. På grund av deras likhet har en stor handel bedrivits och både levande och döda ålar har sålts mellan kontinenterna. En ökad global efterfrågan på ål har lett till en rad problem som ökat fiske och spridning av parasiter (Sjöberg *et al.* 2009). Inte bara *A. anguilla* har visat minskade bestånd utan även *A. rostrata* och *A. japonica* har visat en minskande rekrytering de senaste decennierna (Friedland *et al.* 2007).

Mycket kring ålars ekologi är fortfarande okänt, t.ex. har aldrig någon sett lekande vild ål och exakt var leken sker vet ingen. (Tesch 1977). Ålar genomgår åtminstone tre metamorfoser under sitt liv då den ändrar utseende och levnadssätt totalt. När ålen kläcks utvecklas den till en lövtunn larv kallad *leptocephalus*. *Leptocephalus* blir mer och mer ålliknande tills den utvecklas till ett pigmentfritt yngel kallat glasål. Så fort glasålen hittat ett lämpligt habitat att leva på så bildar den pigment och blir gulål. Gulål genomgår en sista metamorfose och blir silverfärgad och köns mogen blankål. Det är blankål som gör vandringen till lekplatsen ute i havet och under denna resa äter den inte utan lever av sina fettreserver som den lagrat upp under många år som gulål (Tesch 1977). Eftersom inga levande ålar påträffats efter lek så antar man att de dör kort efter fortplantningen (Tesch 1977). Efter leken sprids de nykläckta *leptocephali* med hjälp av havsströmmar för att efter ett antal år nå kusten.

Till följd av en uppvärmning av haven har havsströmmar ändrat hastighet, riktning och temperatur (Friedland 2007). Eftersom *leptocephali* och blankål är beroende av havsströmmar för transport och för att kunna navigera så är detta något som tros förklara varför så liten mängd glasål lyckas ta sig till kusten (Tsukamoto 2009). De glasålar som ändå når kusten utsätts på många platser för ett hårt fiske då glasål anses vara en delikatess i många länder. Stora mängder glasål fiskas också upp och säljs till fiskodlingar och till utsättningsprogram (Fiskeriverket 2011). Ålar som undgår att bli fångade och som lyckas ta sig förbi diverse vandringshinder kan istället få problem med diverse miljögifter. Som exempel kan nämnas att ålars embryonala utveckling är mycket känslig för relativt låga halter av PCB. Ålen står högt i näringskedjan och speciellt fettlösliga miljögifter ackumuleras i dess kropp (Marionotti *et al.* 2006, McGregor *et al.* 2010). Spridning av parasiter och sjukdomar som simblåsemask *Anguillicola crassus*, har lett till att kvaliteten på de blankålar som påbörjar lekvandringen ofta är mycket dålig (Sjöberg *et al.* 2009). Blankålar som färdats genom turbiner på vattenkraftverk kanske överlever men blir så pass påverkade att de inte klarar av att simma 5000 km (Jansen *et al.* 2007).

A. anguilla såväl som *A. rostrata* och *A. japonica* har alla minskat kraftigt de senaste decennierna (Friedland 2007, ICES 2010). Något som är säkert är att det inte handlar om en enda syndabock utan att det istället finns många bidragande orsaker som alla tillsammans påverkar ålen negativt. Denna studies syfte har varit att göra en sammanställning över de problem som den europeiska ålen ställs inför under sin komplicerade livscykel och försöka ta reda på vad som kan göras för att bevara denna fascinerande fisk.

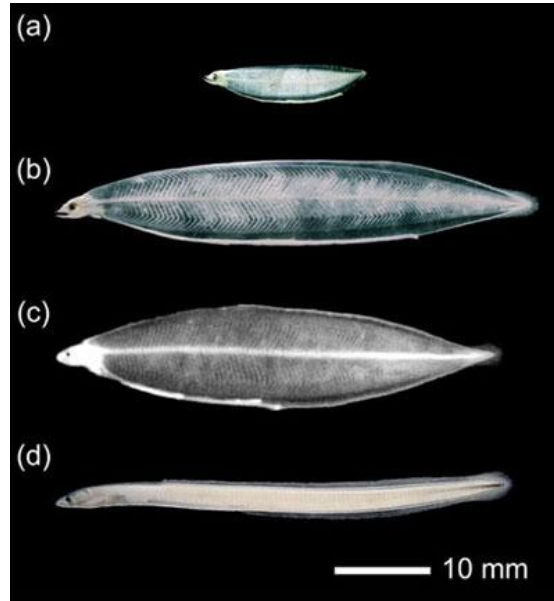
Ålens utveckling och liv genom tiderna

Ålens morfologi och ekologi

För att kunna försöka förstå orsakerna till ålens dramatiska nedgång krävs först en fördjupad kunskap i ålens levnadssätt och dess fysiologi. Eftersom ålen tillbringar tid i vitt skilda habitat beroende på var den befinner sig i sin livscykel så utsätts den för helt olika problem. När åtgärder tas för att lösa ett problem i en viss del av livscykeln måste man även överväga hur detta kommer att påverka ålen i en annan del av livscykeln.

*Leptocephalus*larven

År 1856 upptäcktes vad man trodde var en ny fiskart. Den fick namnet *Leptocephalus brevirostris* på grund av sin säregna säglövslika form med platt hög rygg och litet huvud. År 1896 fångade italienska forskare samma fisk i medelhavet och ansåg att det var ålens larv det handlade om (Tesch 1977). Ett danskt forskningsfartyg fångade 1904 *leptocephalus* i havet utanför Färöarnas kust (Schmidt 1923, refererad i Tesch 1977). Detta fynd ledde till flera expeditioner till olika platser i Atlanten där Schmidt fann *leptocephalus*larver i olika utvecklingsstadier i olika delar av havet. De minsta larverna hittades i ett område mitt i Sargassohavet, var 5 mm långa och antogs vara nyligen kläckta. Jonathan Schmidt gjorde slutsatsen att ålens lek område måste finnas nära platsen där de minsta larverna fångats (Tesch 1977).



Figur 1. Leptocephali i olika åldrar med (a)–(d) som yngst–äldst (Tesch 1977, figuren återgiven med tillstånd från förlaget)

Eftersom europeisk och amerikansk ål skiljer sig från varandra genom olika antal ryggkotor så kunde man genom räkning av dessa konstatera att det vid den europeiska ålens lekplats fanns även larver av amerikansk ål. Dessa hittades i större utsträckning något väster om området där flest *A. anguilla* fångades, och det indikerar *A. rostrata* lekplats ligger något väster om *A. anguilla*. Både larverna av *A. anguilla* och *A. rostrata* tros leva pelagialt utan att simma aktivt och flyter med strömmarna till kusterna och sina framtida sötvattenshabitat. *A. rostrata* spenderar 1–2 år i snitt som leptocephaluslarv medan *A. anguilla* spenderar i snitt 3 år som larv innan den genomgår nästa metamorfos och blir glasål (Vladykov och March 1975). *A. rostrata* åker med Floridaströmmen längs Nordamerikas östkust och simmar där upp i vattendrag från Trinidad och Guayana i söder till Grönland i norr. Hur larverna som lever längst bort i utbredningsområdet tar sig förbi motströms Golfströmmen respektive Labradorströmmen är ett mysterium (Vladykov 1964). Den europeiska ålens utbredningsområde sträcker sig från Island i nordväst till Egypten i sydost.

Att de olika arterna spenderar olika lång tid som *leptocephali* verkar logiskt då resan till Nordamerika tar kortare tid än resan till Europa och Nordafrika. En fråga som kvarstår angående larverna och deras föräldrars lek är på vilket djup leken sker. Det är mycket svårt att svara på då fynd av lekande individer eller lagda ägg aldrig har gjorts. Sargassohavet är ett varmt hav med relativt höga temperaturer (runt 22,5° C), även på större djup vilket lett till den mycket speciella ekologi som utgör barnkammaren för ålen. Detta är antagligen tack vare de fritt kringflytande brunalgsskogarna med Sargassotång (*Sargassum sp.*) som finns där och erbjuder skydd till de utsatta larverna (Tesch 1977).

Glasål

När *leptocephali* nått kusten och är redo att antingen stanna i kustnära vatten eller att ta sig upp i sötvatten för att växa till blir den först glasål. Glasålen liknar den vuxna ålen men saknar pigment och är transparent (Tesch 1977).

Glasålarna anländer till kuster längs Europa och Nordafrika relativt snabbt från det att de drivit passivt som larver över Atlanten. Detta borde tyda på att glasålar gör en mer aktiv migration än larverna eftersom strömförhållandena runt kusterna är kraftigt varierande till skillnad från de konstanta flödena i de stora havsströmmarna (Tesch 1977). På många platser vid mynningar till floder och mindre vattendrag bedrivs traditionellt fiske på glasålar som fiskas upp tonvis varje år för direkt konsumtion eller för att säljas vidare till utsättningar och odlingar i Europa och Asien.



Figur 2. Pigmentfri glasål (Naturvårdsverket 2009, återges med tillstånd från NV)

Gulål

Glasålar söker bräck- och sötvatten med hjälp av sitt redan välutvecklade luktsinne och tar sig till ett lämpligt habitat antingen i estuarium, kust, flod eller insjö antagligen drivna av konkurrens med andra ålar. Övergången från saltvatten till sötvatten sker i störst utsträckning på våren och i vissa floder i Västeuropa har ålar setts stiga upp i sötvatten tillsammans med andra individer i stim som kan forma långa upp till 5 m breda band. Detta är inte lika frekvent förekommande i modern tid

(Tesch 1977). Unga ålar verkar trivas bättre i bräckvatten än äldre och det är möjligt att fler vandringar görs uppströms senare i livet. Glasålen genomgår metamorfos vid en längd av 7–8 cm och utvecklar mörka pigment på ryggen och gulaktig bronsfärgad buk. Det kan ta lång tid innan glasålen övergår i gulål och innan ålen når sin slutgiltiga destination där den stannar många år för att bygga upp fettdepåerna (Tesch 1977).



Figur 3. Gulål fångad i nät (Naturvårdsverket 2009, återges med tillstånd från NV)

Blankål

När gulålen blivit tillräckligt gammal och har lagrat tillräckligt med fett påbörjar den en omvandling kallad blankålsprocessen. Det är den sista metamorfosen som ålen genomgår innan den dör och den är ett krav för den kommande migrationen till lekplatsen och den sexuella mognaden. Det är i stort sett oförutsägbart när blankålsprocessen inleds och den kan starta vid olika åldrar och storlekar. Honor påbörjar blankålstransformationen vid en ålder av 4–20 år och en längd på 50–100 cm medan hanar påbörjar metamorfos vid 2–15 års ålder och en längd av 35–46 cm (Durif *et al.* 2008). Ålar som lever långt från havet spenderar ofta längre tid som gulålar än de ålar som lever nära eller längs kusten. De ålar som lever längst uppströms i floder och sjöar är ofta större och äldre än andra ålar när de påbörjar blankålsprocessen (Durif *et al.* 2008). Metamorfosen från gulål till blankål är nödvändig för att kunna göra den långa transatlantiska lekvandringen och ålen genomgår flera extrema morfologiska och fysiologiska förändringar under blankålsprocessen.

När ålen simmar pelagiskt i de fria vattenmassorna över öppet hav är det inte längre fördelaktigt att ha brungul buk med mörkbrun rygg, därför utvecklar ålen silverglänsande/vit buk och svart/bronsfärgad ryggsida för att undvika predation både underifrån och ovanifrån. Även bröstfenorna blir större och huden tjockare (Durif *et al.* 2008). Som gulål använder ålen mestadels glykogen som energikälla men när blankålsmetamorfosen initierats börjar den istället lagra stora mängder fett. Fettdepåerna ökar från ca 8–28 % och lagras in dels i direkt anslutning till musklerna och dels i underhuden och i levern (Durif *et al.* 2008). En mindre andel av fettet används till utveckling av gonader medan den största andelen kommer gå åt till att simma (Larsson *et al.* 1990).

En annan dramatisk förändring som ålen genomgår är att ögonens storlek ökar i både diameter och volym. Näthinnan blir större och antalet stavar ökar medan antalet tappar minskar kraftigt (Durif *et al.* 2008). Avsaknad av tappar i ögonen är en vanlig anpassning hos djuphavsfiskar då färgseende är onödigt på stora djup dit solen knappt når. Istället har de fler ljuskänsliga stavar för att kunna uppfatta mycket svagt ljus men utan färger (Durif *et al.* 2008). I blankålsstadiet är ålens ögon mycket lika djuphavsväsende fiskars ögon och detta indikerar att ålen simmar på stora djup när den tar sig över Atlanten till Sargassohavet.



Figur 4. Blankål med radiosändare (Med tillstånd av fotografen Christian B Hvidt, NATURFOCUS)

Efter att ha varit en relativt inaktiv bottenlevande fisk så gör ålen sitt livs resa som kräver en god simförmåga och god förmåga att undvika predation. Därför förändras även ålens sidolinjeorgan som blir större och får fler känselceller. Eftersom ålen inte äter någonting under vandringen så försvinner dess goda luktsinne till stor del och matsmältningsorganen tillbakabildas (Durif *et al.* 2008). Simblåsan genomgår en förändring och får en tjockare vägg vilket även det antagligen är en anpassning till förhållanden liknande de som finns i djuphavet. En stor omställning som ålen ställs för när den går från sötvatten till saltvatten är osmoreglering. Denna omställning gör ålen snabbt och istället för att aktivt ta upp joner genom gälar, njurar och tarm så vänds istället systemet och joner pumpas ut aktivt över samma kanaler.

De olika förändringar ålen genomgår i blankålsstadiet utlöses av en mängd olika hormoner. Detta har utnyttjats av japanska forskare som lyckats få *A. japonica* i blankålsstadiet att bli könsmogen och leka i fångenskap med hjälp av hormonbehandling med syntetiska hormoner och hormoner från andra fiskarter (Ohta *et al.* 1997). *Leptocephaluslarverna* som producerats i japanska odlingar når dock mycket sällan glasålsstadiet utan dör av näringsbrist (Ozaki *et al.* 2006). *Leptocephaluslarvens* föda är svår att framställa på labb eller i odling. Liknande experiment där man försökt få till lek i fångenskap har utförts på *A. anguilla* men dessa har inte varit lika lyckade (Ozaki *et al.* 2006).

Varför har en så kraftig minskning skett?

Vattenkraft

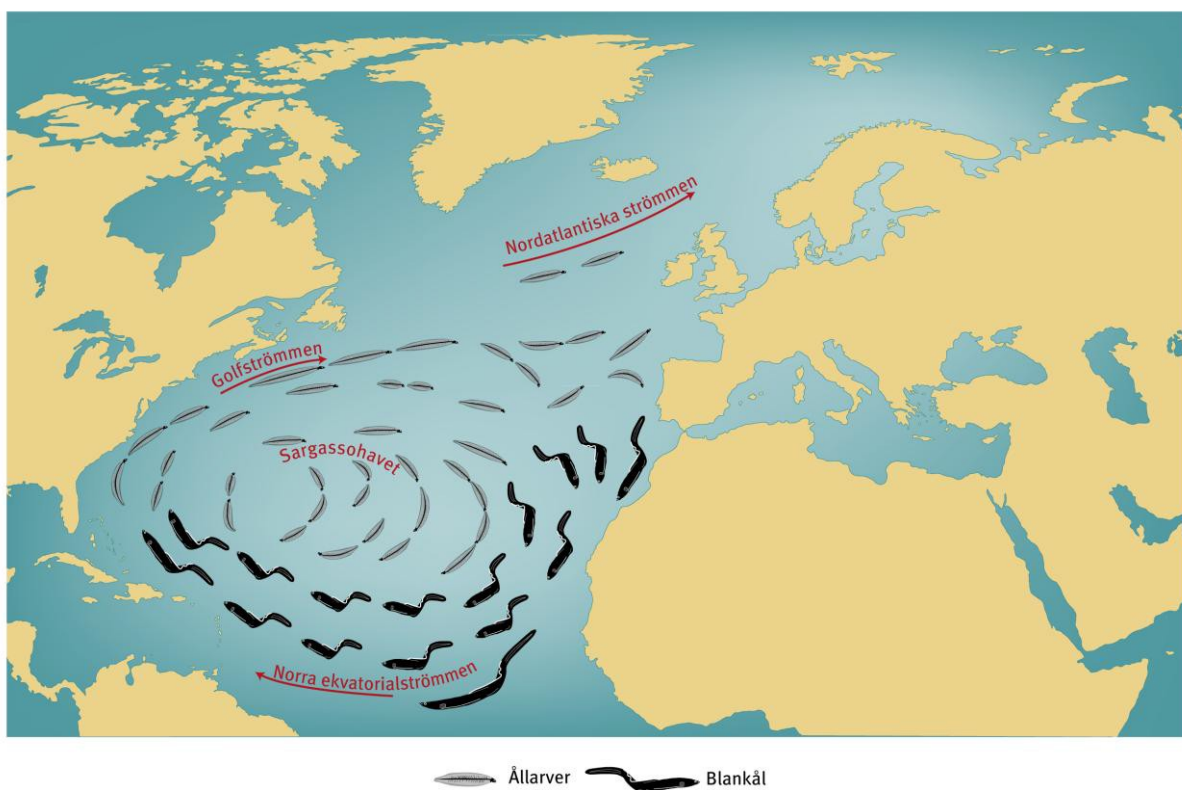
Varje år när blankålar gör sin lekvandring från sötvattenshabitat inåt landet mot havet nedströms så stöter de på hinder till följd av diverse mänskliga aktiviteter (Winter *et al.* 2007). Exempel på mer eller mindre svårigenomträngda passager som vandrande ålar måste ta sig förbi för att nå havet är dammar, dammluckor, slussar, fisktrappor och kanaler (Jansen *et al.* 2007). Det hinder som misstänks bidra mest till blankålars dödlighet är vattenkraftverk (Feunteun, 2002). Negativ påverkan som ett vattenkraftverk kan medföra är dels att när ål passerar genom turbinen på ett vattenkraftverk kan den fastna och dö, få mekaniska skador eller stressas, allt som kan leda till att ålen inte klarar av att fullfölja sin lekvandring (Winter *et al.* 2007). Lax stöter på samma problem som ålen när smålaxarna (smolten) ska vandra nedströms till havet för att bli fullvuxna. Lax har andra preferenser än ål vad gäller val av väg förbi hinder i vattendrag (Jansen *et al.* 2007). Där laxen tenderar att ta ytliga öppningar i kraftverken håller sig ålen istället ned mot botten. Därför är inte alltid fisktrappor som är utformade för laxfiskar optimala även för ålen.

Hur stor andel ål som misslyckas med sin reproduktion till följd av nedströms passage genom vattenkraftverk förblir okänt men det finns sätt att minska skadorna till följd av migrationen genom vattenkraftverk (Winter *et al.* 2007). Kraftverken kan reglera storleken på gallret som skyddar turbinerna mot skräp så att ålar inte kan ta sig igenom ned i turbinen utan måste finna andra skonsammare vägar (Travade *et al.* 2010). Ett norskt försök undersökte ålars respons på en vägg av infraljud framför turbinen. Det visade sig att ål undvek höga infraljud och valde andra vägar än genom den akustiska barriären som forskarna lagt upp (Sand *et al.* 1999).

Klimatet och oceanografiska förändringar

Både *A. anguilla*, *A. rostrata* såväl som *A. japonica* gör långa lekvandringar till mitten av de stora strömvirvlarna i Atlanten respektive Stilla havet. Sargassohavet ligger i mitten av den

nordatlantiska strömvirveln och de oceanografiska förhållandena där är optimala för ålens lek, spridning av *leptocephali* och primärproduktionen förser *preleptocephali* med föda (Friedland *et al.* 2007). Nyligen gjorda studier visar att blankål av *A. anguilla* som simmar mot Sargassohavet inte tar den kortaste vägen utan simmar i mer sydlig riktning längs Afrikas västkust (Aerestrup *et al.* 2009). Detta är antagligen för att utnyttja den norra ekvatorialströmmen som med sin ostliga ström för ålarna västerut till Sargassohavet (Aerestrup *et al.* 2009). Norr om Sargassohavet möts Golfströmmen och den kalla Labradorströmmen och det ger upphov till en stor skillnad i temperatur och salthalt. Man tror att *Leptocephali* såväl som blankålar känner av skillnader i salthalt och temperatur mellan olika havsströmmar för att på så sätt navigera från och till lekplatsen som ska ha temperaturen 22,5 °C (Friedland *et al.* 2007). Valet av lekplats tros vara nära bundet till att *leptocephali* ska placeras i de strömmar som går åt lämplig riktning (Tesch 1977). På grund av att *leptocephali* spenderar så lång tid som friflytande larver i havet så gör detta dem mycket känsliga för förändringar i havsströmmar och tillgång på föda (Friedland *et al.* 2007).



Figur 5. Ålens ungefärliga utnyttjande av strömmar i Nordatlantiska strömvirveln (ritad av Arkeobild efter underlag från Aerestrup *et al.* 2009)

Ett väderfenomen som till stor del styr vädret på norra halvklotet och som även havsströmmar påverkas av är den nordatlantiska oscillationen. NAO är resultatet av ett semipermanent högtryck över Azorerna och ett semipermanent lågtryck sydöst om Island. Skillnaden i dessa tryckförhållanden ger ett positivt eller negativt index. Positivt index leder förenklat till ökade västliga vindar över Europa och i sin tur till ökat flöde i golfströmmen. Negativ fas betyder lågtryck under längre perioder och positiv fas är längre period av högtryck. Innan de senaste två vintrarna var NAO i positiv fas under flera år medan den under de senaste åren varit i negativ fas. NAO har sammankopplats med en rad olika oceanografiska och biologiska förändringar i havet (Friedland *et al.* 2007). Förändringar i

NAO har tillsammans med en uppvärmning av Atlanten lett till förändringar av havsströmmarnas positioner och en förskjutning av *A. anguilla*'s lekplats norrut. Studien utförd av Friedland *et al.* (1977) visar på ett samband mellan NAO, förskjutning av lekplats och sämre fångster av glasål i holländska IJsselmeer. Friedland *et al.* (1997) menar att klimatförändringarna delvis orsakade av NAO leder till en uppvärmning av havet, att strömmarna i nordatlantiska strömvirveln tar nya rutter och att temperaturgradienten där 22,5 gradigt vatten möter kallare vatten förskjuts norrut. Även strömmarnas djup har förändrats. Detta tros vara negativt för den vidare distributionen av *leptocephali* i området. På grund av lekplatsens förskjutning norrut så misstänker man (Friedland *et al.* 2007) att *leptocephali* inte hittar rätt strömmar som kan ta dem österut till Europa. En annan negativ effekt för *leptocephali* som kan kopplas till förändringar i NAO är att primärproduktionen i området påverkats då havsströmmarnas djup förändrats. *Leptocephali* har en mycket speciell diet bestående av små organiska partiklar som härstammar från nedbrutet plankton (Tsukamoto 2009). Då strömmarna befinner sig på andra djup än tidigare så påverkas ljusintensitet och produktion av fytoplankton. När primärproduktionen förändras kan det leda till förändringar i ekosystemet i området och *leptocephali* får svårt att finna rätt sorts föda (Friedland *et al.* 2007).

Överfiske

EU:s fiskeripolitik och ålen

Fisket av glasål utanför de stora flodmynningarna i Västeuropa har en lång tradition och i vissa delar av värden anses glasål var en delikatess. Stora mängder glasål fiskas varje år upp utanför de stora floderna speciellt i Frankrike och traditionellt har glasålen gått till restauranger i Europa men även till Asien där en större efterfrågan på europeisk ål *Anguilla anguilla* väckts då den japanska ålen *Anguilla japonica* minskat på liknande sätt som den europeiska.

EU har i rådets förordning ”om åtgärder för återhämtning av beståndet av europeiskt ål” från 2007 uppmanat alla medlemsländer där ål finns naturligt att ta fram förvaltningsplaner för att minska ålens mortalitet. Målet med en förvaltningsplan ska vara att 40 % av den historiskt naturliga produktionen av blankålar ska nå havet. Detta ska enligt förordningen uppnås genom åtgärder som att; minska det kommersiella fisket, begränsa fritidsfisket, vidta utsättningsåtgärder, bedriva biotopvård, transportera blankål till havet, bekämpa ålpredatorer, tillfälligt stänga av vattenkraftsturbiner och vidta andra åtgärder avseende vattenbruk. Varje medlemsstat ska rapportera till europeiska kommissionen vart tredje år angående resultat, effektivitet och övervakning av planen.

Hur förvaltningsplanen ska genomföras är upp till varje enskilt land men kontroller ska utföras av fångster och ursprung, och spårbarhet ska kunna fastställas på ål som importeras och exporteras i landet. Om en medlemsstat tillåter fiske på ål mindre än 12 cm så ska minst 60 % av fångsten gå till utsättningsprojekt inom EU (EG 2007). EU har också förbjudit export av ål mindre än 12 cm till Asien och detta har lett till en ökning av mängden ålyngel som är tillgängliga för bevarandeprojekt inom EU (Länsstyrelsen i Halland 2011).

Sveriges fiskeripolitik och ålen

Idag fiskas ål kommersiellt i Sverige längs kusterna och i 20 olika insjöar. På västkusten fokuseras fisket på den mindre gulålen medan man på östkusten och i sjöarna mestadels fiskar migrerande blankål. Fångsterna har på 2000-talet minskat till 25 % av vad de var på 1950-talet och detta beror dels på minskade bestånd och dels på minskad fiskeansträngning

(Fiskeriverket 2011). Att ändå relativt stora fångster görs beror troligtvis på tidigare utsättningar av ålyngel som kommit från andra länder. Det finns ett antal mätstationer i svenska vattendrag som för statistik över mängden uppvandrande glasål. Enligt dessa är rekryteringen av glasål till svenska vattendrag idag ca 5 % av vad den var under 1940 och 50-talet (Fiskeriverket 2011). I Sverige förbjöds år 2007 allt fiske efter ål med undantag för yrkesfiskare med särskilt tillstånd för ålfiske. Undantag gäller också för fiske efter ål uppströms tre vattenkraftverk som saknar utvandringssvågar för ål, då man bedömer att de ålarna ändå inte skulle av att genomföra lekvandringen. Under år 2007 registrerade 393 fiskare en fångst av 673 ton ål i landet, att jämföra med fritidsfiskarnas totala anmälda fångst på 281 ton år 2006. ICES råd till fiskeriverket från år 2009 är en upprepning av vad som tidigare sagts och lyder ”all mänsklig påverkan på produktion och lekflykt hos ål skall minskas till så nära noll som möjligt, tills beståndet har återhämtat sig” (Fiskeriverket 2011).

I oktober 2009 godkändes officiellt den svenska ålförvaltningsplanen av EU-kommisionen. Denna plan går enligt Fiskeriverket ut på en balans mellan åtgärder genom bättre kontroll, minskat fisketryck, ålyngelutsättningar samt förbättrade möjligheter till passage för blankål genom vattenkraftverk. Svenska ålförvaltningsplanens mål är att ”uppnå en lyckad lekvandring av motsvarande 40 % av den för riket beräknade historiskt naturliga blankålsproduktionen” (Fiskeriverket 2011). Den ”historiskt naturliga blankålsproduktionen” är självklart mycket svår att uppskatta men genom beräkningar och grova uppskattningar har man kommit fram till siffrorna 4,4–10 miljoner blankålar (Fiskeriverket 2008). Det innebär att målsättningen på 40 % av den historiskt naturliga blankålsproduktionen är 1,8–4 miljoner blankålar. Den uppskattade maximala totala blankålsutvandringen per år är 2,9 miljoner (Jordbruksdepartementet 2008). Beroende på hur man räknar på det är målet redan uppnått.

Sedan EU förbjudit export av ål mindre än 12 cm till bland annat Asien så har mängden ålyngel tillgängliga för utsättningsprojekt inom EU ökat markant. I Sverige sattes år 2010 drygt 1,2 miljoner ålyngel ut och år 2011 planerar man sätta ut 1,7 miljoner yngel som fiskats upp i andra delar av Europa. Ålyngel sätts ut i sjöar och vattendrag som har fri anslutning till havet dit blankålen om 15–20 år kan tänkas vandra. På de platser där ålyngel satts ut uppströms vattenkraftverk planerar man ha problemfria utvandringssvågar när ålen är utvandringssklar (Länsstyrelsen i Halland 2011). Dessa ålar har fått strontium inlagrat i hörselstenarna och det ger möjlighet att i framtiden kunna identifiera dem för att följa upp projektet (Länsstyrelsen i Halland 2011).

Sjukdomar och parasiter

Herpesvirus anguillae (HVA)

Virus av olika slag är kända att angripa alla olika ålarter. Många orsakar inga eller få sjukdomssymptom och det är först på senare år som man har intensifierat studierna av virus som infekterar ålar och deras effekt. Det virus som antagligen har stor negativ effekt på ålars hälsa är *H. anguillae* (HVA) då det är ett mycket patogent virus (Davidse *et al.* 1999). Viruset upptäcktes första gången hos odlade ålar i Östasien men sedan studier genomförts verkar det som om viruset har en global spridning då det anträffats i Japan och Taiwan såväl som i Tyskland och Nederländerna. På senare tid har viruset även observerats hos vilda populationer i Europa (Jacob *et al.* 2009). En ål som infekterats med *H. anguillae* uppvisar inte alltid ett patogent tillstånd utan kan verka till synes frisk. *H. anguillae* kan nämligen finnas i en latent fas i ålen under en längre tid utan att vara sjukdomsalstrande. När den latent fasen är över blir viruset snabbt mer aggressivt och externa synliga tecken på smitta visar sig. Ålen får

blödande sår i huvudsak på skinnet runt gällock, och bukfenor och gälfilament klibbar ihop och bryts ned (van Nieuwstadt *et al.* 2001). Studier av HVA i Europa har än så länge mestadels utförts i centrala och västra Europa där man funnit en stor utbredning av viruset (van Nieuwstadt *et al.* 2001). Lokalt i södra Tyskland fann man vattensystem där 48 % av ålarna var infekterade. I norra Tyskland däremot visade en studie av vilda ålar från Östersjön, Nordsjön och en insjö på en mycket liten utbredning av HVA (Jacob *et al.* 2009).

Simblåsemask

En rad olika nematoder parasiterar på ålars simblåsor och dessa representeras av släktena *Anguillicoloides* och *Anguillicola* och den kanske mest kände arten är *Anguillicola crassus*. Ålar som är angripna av simblåsemask utvecklar sjukdomstillståndet anguillicolosis som medför en noterbar negativ påverkan på ålens funktion. Ålar som infekterats av *A. crassus* drabbas av blödningar, inflammation och ärrbildning på simblåseväggen vilket leder till nedsatt funktion av organet (Molnár *et al.* 1994). I värsta fall kan en ål som drabbats av upprepade infektioner få en simblåsa som liknar en hård boll av död vävnad med mycket litet utrymme för gaslagring (Würtz & Taraschewski 2000). Två oberoende studier på europeisk ål undersökte hur väl de klarade syrebrist. Då ålen är beroende av simblåsan som syreresserv för att klara perioder på land under sina migrationer så visade båda undersökningarna ett samband mellan ökad dödlighet och ålar med anguillicolosis (Molnár 1993, Lefebvre *et al.* 2007)

En ål infekterad med *A. crassus* kanske inte dör av infektionen men anguillicolosis borde ge fisken försämrade utsikter till reproduktion överlag då den 6000 km långa lekvandringen över Atlanten till Sargassohavet troligtvis ställer höga krav på en väl fungerande simblåsa (Münderle *et al.* 2004). En svensk studie som utfördes på ålar fångade längs svenska Östersjökusten visade skillnader i rörelsemönster hos infekterade och friska blankålar. Infekterade ålar återfångades i större utsträckning i fiskarnas nät, simmade kortare avstånd mellan fångstplatser och rörde sig i grundare vatten än friska ålar (Sjöberg *et al.* 2009). Ett liknande sjukdomstillstånd har observerats hos den amerikanska ålen *A. rostrata* (Ooi *et al.* 1996) medan den japanska ålen *A. japonica* (som är den ursprungliga värden för *A. crassus*) inte påverkas negativt av parasiten i samma utsträckning (Knopf & Mahnke 2004). *A. crassus* kommer ursprungligen från Östasien och beskrevs första gången i Japan (Kuwahara *et al.* 1974) där den hittats i simblåsan på sin naturliga värd *A. japonica*. Parasiten följde med levande japanska ålar som sålts till Europeiska fiskodlingar omkring 1980 (Wielgoss *et al.* 2008). Väl där smittade den både odlad och vild *A. anguilla* som verkar ha sämre motståndskraft mot infektionen än *A. japonica*. *A. crassus* påträffades i svensk ål i Sverige år 1987 och har sedan dess spridit sig över hela landet.

Den vuxna *A. crassus* lever i ålars simblåsa där den livnär sig på blod och påverkar gasutbytet i simblåsan (Würtz & Taraschewski 1996). När nematoden uppnått könsmognad läggs äggen som förs ut via ålens tarm ut i vattnet där de kläcks. Larverna flyter omkring pelagiskt tills de blir förtärda av en mellanvärd som oftast är ett mindre kräftdjur. Kräftdjuret blir i sin tur uppätet av antingen ytterligare en mellanvärd (mindre fisk), eller av en ål där den färdas till simblåsan för att starta om livscykeln (De Charleroy *et al.* 1990, Székely 1996).

Miljögifter

En av nyckelorsakerna till varför bestånden av ål minskat så kraftigt kan vara att de migrerande blankålarnas hälsotillstånd är alldeles för dåligt både för att klara av lekvandringen och för att vara tillräckligt fertila för att leka. Något som kan bidra kraftigt till blankålens hälsotillstånd är bioackumulering av miljögifter i deras kroppar (Marionetti *et al.*

2006). Föroreningar orsakade av människan kan påverka lagringen av energi och den fettmetabolism som ålen är beroende av för att kunna göra sin lekvandring (Belpaire & Goemans 2007). De kemikalier som tas upp nedan utgör en mycket liten fraktion (<0,5 %) av de runt 30 000 kemikalier som säljs och används i Europa (Belpaire & Goemans 2007). På grund av ålens långa liv, att den står högt i näringskedjan och dess höga fetthalt (>30 % hos blankål (Tesch 1977) så kan den ackumulera höga halter av miljögifter i sin kropp och av denna anledning används den som en biomonitor av olika habitats miljö tillstånd (Larsson *et al.* 1991, Langston *et al.* 2002, Marionetti *et al.* 2006, Belpaire & Goemans 2007). Ålen är en till stor del bentisk art som spenderar stor tid och finner sin föda i bottensediment i sjöar och estuarier där halter av diverse miljögifter kan vara höga (Palstra *et al.* 2005).

PCB

Polyklorerade bifenyler förkortat PCB är långlivade kemiska föreningar som utvecklades på 1920-talet för elindustrin. Då PCBs hälsoskadliga effekter blev alltmer kända förbjöds användningen på 1970 och 1980-talet i de flesta länder, men PCB finns fortfarande kvar i gammalt byggmaterial, elektronik, flamsäkra isolatorer, hydrauliska oljor, vissa plaster, och halterna i naturen fortsätter vara höga lokalt (Safe 1994, Mahron *et al.* 2008). PCB är lipofila och tenderar att bioackumulera i näringskedjan, på så vis är organismer som står högt i näringskedjan och har hög fetthalt extra utsatta för dessa kemikalier. PCB har visats störa reproduktionen hos ål; ålebryon som utsatts för PCB utvecklar ödem i gulesäcken och huvudregionen och har uppvisat hjärtfel (Palstra *et al.* 2005). De första störningarna i utvecklingen av ålebryon sker redan vid PCB-koncentrationer som ligger under högsta rekommenderade koncentration för mänsklig konsumtion enligt regleringar av livsmedel (Palstra *et al.* 2005). PCB och andra dioxinliknande ämnen påverkar aryl-kolvätereceptorn vid gentranskription och celldifferentiering genom att likna naturligt förekommande ligander vilket leder till störningar vid celldifferentiering och embryonal utveckling (Safe 1994). PCB och andra organoklorerade ämnen påverkar hormonproduktionen i sköldkörteln som i sin tur kan påverka fettmetabolism och energiinlagring (Robinet & Feunteun 2002). Ålar som infekterats av *A. crassus* samtidigt som de varit exponerade för PCB har visat att immunförsvarets respons på infektionen hämmats (Sures & Knopf 2003). Vidare är PCB cancerframkallande och mycket skadligt även för människor både vid direktkontakt och genom bioackumulation via födan (Belpaire 2010).

Organoklorerade pesticider

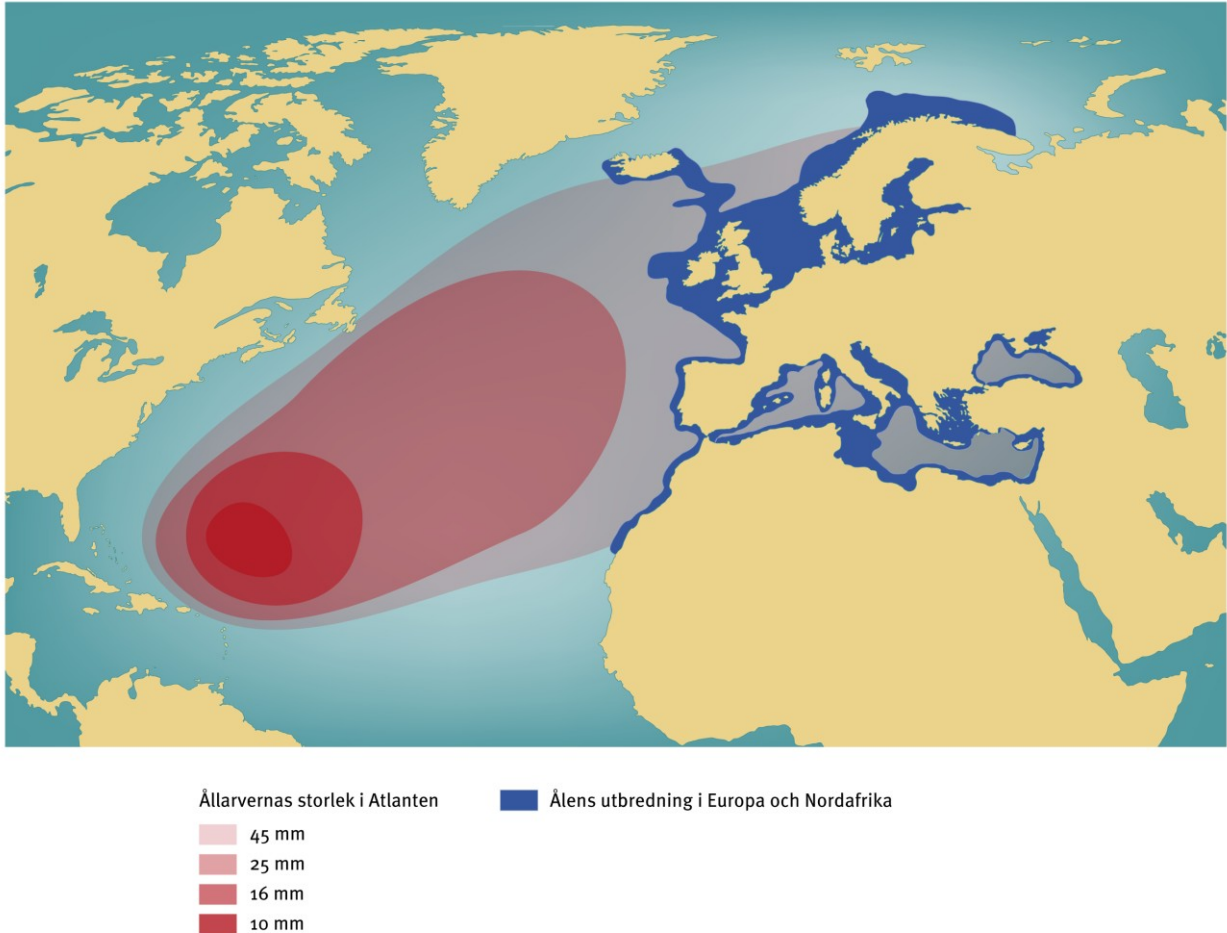
Den mest använda organoklorerade pesticiden är lindan och består av en klorerad ring med sex kolatomer. Lindan används som insektsdödare i skogsbruket samt vid odling av sockerbeter och rapsolja (Belpaire & Goemans 2007). Eftersom lindan är långlivad förorening som är känd både som hormonstörande och cancerframkallande har den förbjudits i många länder men man mäter fortfarande höga halter av ämnet i t.ex. belgisk ål (Belpaire & Goemans 2007).

DDT

Diklorotrifenyltrikloroetan är en klassisk insekticid som togs fram på 1920-talet för att bekämpa bland annat malariamygg, men idag är DDT förbjudet i många länder. I de länder som är hårdast drabbade av malaria används DDT fortfarande i stor utsträckning trots bevisade miljöfarliga effekter. DDT har en halveringstid på 20 år och därför hittas fortfarande skadliga halter även i länder där DDT förbjudits för länge sedan (McGregor *et al.* 2010). Ålar som utsatts för DDT får försämrad möjlighet att uppehålla osmotisk balans då DDT stör de aktiva enzymer som ansvarar för aktivering av jonpumpar (Janicki & Kinter 1971).

Bromerade flamskydd

Bromerade flamskydd återfinns i vattentäta kläder, hemelektronik, plastskum, isolering och liknande. Halterna av bromerade flamskydd verkar öka i naturen. De är neurotoxiska, cancerframkallande och hormonstörande och mycket höga halter har dokumenterats i ål (Belpaire & Goemans 2007). Exakt hur ål påverkas är okänt men bromerade flamskydd misstänks ha liknande effekter som PCB och dioxinliknande ämnen.



Figur 6. Utbredningskarta där det mörkast röda området visar lekplatsen i Sargassohavet (Arkeobild, 2011 efter underlag från Tesch 1977 och Schmidt 1923)

Diskussion

Det verkar inte gå att peka ut någon ensam enkel orsak till varför ålen minskar så mycket. Ålen kommer inte att återhämta sig bara vi sätter in åtgärder på ett enskilt problem. Först när man förstår att ålens problem ligger både globalt och lokalt så kan man försöka göra något åt problemet. Åtgärder för att rädda ålen måste tas i samförstånd på en global gränsöverskridande nivå. För ålens framtida överlevnad spelar det ingen roll om ett land sköter sina vattendrag exemplariskt när ett annat fiskar upp alla deras återvändande glasålar.

När man läser om ålens minskning och alla dess negativa trender kan det lätt kännas hopplöst, och många av de orsaker som ligger bakom känns som att de ligger utanför vår förmåga att påverka. Istället för att känna hopplöshet och fokusera på saker vi inte kan göra något åt borde man fokusera på vad vi *kan* göra.

Målet i EU:s förordning om åtgärder och Jordbruksdepartementets förvaltningsplan av ål är att 40 % av mängden blankål som fanns i området historiskt ska nå havet för att göra sin lekvandring. Detta mål är svårt att nå av flera orsaker. Det är svårt att uppskatta hur mycket ål som funnits historiskt i ett område innan människan påverkade beståndet. Myndigheter kan göra en låg uppskattning av vad den historiska mängden blankål är för att kunna motivera ett fortsatt högt fisketryck. Många studier pekar på att blankål som lämnar Europa är i dåligt skick och att de flesta antagligen inte klarar resan till Sargassohavet (Davidse *et al.* 1999, Robinet & Feunteun 2002, Münderle *et al.* 2004). Istället för att ha en mängd migrerande blankål som mål så borde man ha en mängd återvändande glasål som mål. I Förordningen och förvaltningsplanen nämns inte mycket om mängden glasål. Mängden glasål borde vara ett bättre kvitto på lyckad reproduktion än mängden migrerande blankål då vi inte vet vad som sker med dessa så fort de lämnar våra kuster. Tiden för att nå målet med mängden blankål är också helt beroende av om rekryteringen av glasål förbättras. Med hjälp av modeller har det beräknats att det kommer ta ca 80 år för ålbeståndet att återhämta sig till historiska nivåer om all mänsklig orsakad dödlighet upphör (Jordbruksdepartementet 2008). Om människan på något sätt påverkar ålens överlevnad negativt tar det längre tid. Därför borde all mänsklig påverkan upphöra. Nedskärningarna som nu påbörjats i fisket är för små och sätts in för långsamt när ett totalt fiskestopp är det som borde införas.

Stort fokus läggs på förordningar och förvaltningsplaner för utsättning av ålyngel. Ålyngel fiskas upp på en plats, säljs och körs med lastbil till en annan plats där de släpps ut för att stärka bestånden där. Eftersom alla europeiska ålar utgör en och samma population så borde detta göra varken från eller till för populationen som helhet. Om man tror att ålarnas chans till överlevnad är större på en annan plats än den som de försöker ta sig till naturligt så är detta motiverbart. Dock finns många ekonomiska intressen hos glasålsindustrin som gör denna verksamhet mer tveksam. Utsättning av ålyngel är ett jätteexperiment då man inte vet om de utsatta ynglen kommer att hitta till Sargassohavet när det väl är dags för dem att ta sig dit som blankålar. Det har spekulerats om att ålar lär sig vägen till Sargasso då de färdas därifrån som larver (Tesch 1977). Om detta stämmer så kommer de utsatta ålarna att få problem när de ska migrera eftersom de körts med lastbil över halva Europa för att komma till sina sötvattenshabitat.

Slutsats

Det finns massor som kan göras för att bryta de negativa trenderna. Det krävs hårdare reglering av fiske, hårdare kemikalielagstiftningar, stoppad spridning av främmande arter och en ändring av vattenkraften. Genom att påverka politiker och lagstiftare så skulle dessa åtgärder möjligtvis kunna förhindra att ålen dör ut men det krävs att åtgärderna sätts in snabbt då det antagligen inte finns mycket tid kvar. Varken glasål, gulål, blankål, odlad ål eller utländsk ål bör man äta då de alla är lika hotade (ICES 2010). Som vanlig privatperson kan man hjälpa till genom att avstå från att äta ål över huvud taget och sprida information om ålens situation och uppmana andra till att inte fiska eller konsumera ål igen förrän beståndet har återhämtat sig.

Tack

Jag vill tacka David Forssander, Andreas Johansson och Cecilia Lundgren som läst igenom och kommit med bra kommentarer och konstruktiv kritik under arbetets gång. Tack även till Arkeobild och Franciska Sieurin som hjälpt till med kartorna över utbredning och strömförhållanden. Stort tack till min handledare Anna Brunberg.

Referenslista

- Aerestrup K, Økland F, Hansen M, Righton D, Gargan P, Castonguay M, Bernatchez L, Howey P, Sparholt H, Pedersen M, McKinley R. 2009. Oceanic Spawning Migration of the European Eel (*Anguilla anguilla*) Science **325**: 1660.
- Belpaire C, Geeraerts C, Roosens L, Neels H, Covaci A. 2010. What can we learn from monitoring PCBs in the European eel? A Belgian experience. Environmetnal International **37**: 354–364.
- Belpaire C, Goemans G. 2007. Eels: contaminant cocktails pinpointing environmental contamination. ICES Journal of Marine Science, **64**: 1423–1436.
- Davidse A, Haenen O.L.M, Dijkstra S.G, van Nieuwstadt A.P, van der Vorst T.J.K, Wagenaar F, Wellenberg G.J. 1999. First isolation of herpesvirus of eel (*Herpesvirus anguillae*) in diseased European eel (*Anguilla anguilla*) in Europe. Bulletin of the European Association of Fish Pathologists **19**: 137–141.
- De Charleroy D, Grisez L, Thomas K, Belpaire C, Ollevier F. 1990. The life cycle of *Anguillicola crassus*. Diseases of Aquatic Organisms **8**: 77–84.
- Durif C, van Ginneken V, Dufour S, Müller T, Ellie P. 2008. Seasonal Evolution and Individual Differences in Silvering Eels from Different Locations. Fish & Fisheries Series, Spawning Migration of the European Eel kap. II
- EG 2007. Rådets förordning. Om åtgärder för återhämtning av beståndet av europeisk ål. nr1100/2007
- Feunteun E. 2002. Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*): an impossible bargain. Ecological Engineering, **18**: 575–591.
- Fiskeriverket. 2011. Fiskbestånd och miljö i hav och sötvatten. ISSN 16-525841
- Friedland K, Miller M, Knights B. 2007. Oceanic changes in the Sargasso Sea and declines in recruitment of the European eel. ICES Journal of Marine Sciences **64**: 519–530.
- ICES. 2010. Report of the 2009 Session of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels. Göteborg, Sweden, 7–12 September 2009. EIFAC Occasional Paper No. 45.
- Jansen H, Winter H, Bruijs M, Polman H. 2007. Just go with the flow? Route selection and mortality during downstream migration of silver eels in relation to river discharge. ICES Journal of Marine Science **64**: 1437–1443.
- Jakob E, Neuhaus H, Steinhagen D, Luckhardt B Hanel R. 2009. Monitoring of Herpesvirus anguillae (HVA) infections in European eel, *Anguilla anguilla* (L.), in northern Germany. Journal of Fish Diseases **32**: 557–561.
- Janicki R, Kinter W. 1971. DDT: Disrupted osmoregulatory events in the intestine of the eel *Anguilla rostrata* adapted to seawater. Science **173**: 1146–1148.
- Jordbruksdepartementet 2008. Förvaltningsplan för ål. Jo2008/3901
- Knopf K, Mahnke M. 2004. Differences in susceptibility of the European eel (*Anguilla anguilla*) and the Japanese eel (*Anguilla japonica*) to the swim-bladder nematode *Anguillicola crassus*. Parasitology **129**: 491–496.
- Kuwahara A, Niimi A, Itagaki H. 1974. Studies of a nematode parasite in the air bladder of the eel. Description of *Anguillicola crassa* n. sp. I. (Philometridae, Anguillicoliadae). Japanese Journal of Parasitology **23**: 275–279.
- Langston W.J, Chesman B.S, Burt G.R, Pope N.D, McEvoy J. 2002. Metallothionein in liver of eels *Anguilla anguilla* from the Thames Estuary: An indicator of environmental quality? Marine Biological Association **53**: 263–293.
- Larsson P, Hamrin S, Okla L. 1991. Factors determining the uptake of persistent pollutants in an eel population (*Anguilla anguilla* L.). Environmental Pollution **69**: 39–50.
- Linde A.R, Arribas P, Sanchez-Galan S, Garcia-Vazquez E, 2004. Eel (*Anguilla anguilla*) and brown trout (*Salmo trutta*) target species to assess the biological impact of trace

- metal pollution in freshwater ecosystems Archives of Environmental Contamination and Toxicology **31**: 297–302.
- Marionotti M, Corsi I, Focardi S. 2006. PCB levels in European eel (*Anguilla anguilla*) from two coastal lagoons of the Mediterranean. Environmental Monitoring and Assessment **117**: 519–528.
- Länsstyrelsen i Halland. 2011. Fortsatta ålutsättningar i halländska sjöar och vattendrag. <http://www2.lansstyrelsen.se/halland/Sv/nyheter/Nyheter-2011/Pages/fortsatta-ålutsattningar-i-hallandska-sjoar-och-vattendrag.aspx> (2 of 3)
Hämtad: 2011-05-15 17:05:00
- Marohn L, Rehbein H, Kündiger R, Hanel, R. 2008. The suitability of cytochrome-P4501A1 as a biomarker for PCB contamination in European eel (*Anguilla anguilla*). J Biotechnol. **136**: 135–139.
- McGregor K, Oliver I, Harris L, Ridgway I. 2010. Persistent organic pollutants (PCB, DDT, HCH, HCB & BDE) in eels (*Anguilla anguilla*) in Scotland: current levels and temporal trends. Environmental Pollution **158**: 2402–2411.
- Milla S, Depiereux S, Kestemont P. 2011. The effects of estrogenic and androgenic endocrine disruptors on the immune system of fish: a review. Ecotoxicology **20**: 305–319.
- Molnár K. 1993. Effect of decreased oxygen content on eels (*Anguilla anguilla*) infected by *Anguillicola crassus* (Nematoda: Dracunculoidea). Acta Veterinaria Hungarica **41**: 349–360.
- Molnár K, Székely C, & Perényi M. 1994. Dynamics of *Anguillicola crassus* (Nematoda: Dracunculoidea) infection in eels of Lake Balaton, Hungary. Folia Parasitologica **41**: 193–202.
- Moriarty C, Dekker W. 1997. Management of the European eel. Fisheries Bulletin Dublin **15**: 167
- Münderle M, Sures B, & Taraschewski H. 2004. Influence of *Anguillicola crassus* (Nematoda) and *Ichthyophthirius multifiliis* (Ciliophora) on swimming activity of European eel *Anguilla anguilla*. Diseases of Aquatic Organisms **60**: 133–139.
- Naturvårdsverket. 2009. CITES Identification guide to the Freshwater eels (Anguillidae) with focus on the European eel *Anguilla Anguilla*. Report 5943
- van Nieuwstadt A.P, Dijkstra S.G, Haenen O.L.M, 2001. Persistence of herpesvirus of eel *Herpesvirus anguillae* in farmed European eel *Anguilla anguilla*. Diseases of Aquatic Organisms **45**: 103–107.
- Ohta H, Tanaka H, Kagawa H, Okuzawa K, Iinuma N. 1997. Artificial fertilization using testicular spermatozoa in the Japanese eel *Anguilla japonica*. Fisheries Science **63**: 393–396.
- Ooi H.-K, Wang W.-S, Chang H.-Y, Wu C.-H, Lin C.-C, Hsieh M.-T. 1996. An epizootic of anguillicolosis in cultured American eels in Taiwan. Journal of Aquatic Animal Health **8**: 163–166.
- Ozaki Y, Tanaka H, Kagawa H, Ohta H, Adachi S, Yamauchi K. 2006. Fine structure and differentiation of the alimentary canal in captive-bred Japanese eel *Anguilla japonica* preleptocephali Fisheries Science **72**: 13–19.
- Palstra A.P, van Ginneken V.J.T, Murk A.J, van den Thillart G, 2005. Are dioxin-like contaminants responsible for the eel (*Anguilla anguilla*) drama? Naturwissenschaften **93**: 145–148.
- Robinet T, Feunteun E. 2002. Sublethal effects of exposure to chemical compounds: a cause for the decline in Atlantic eels? Ecotoxicology. **11**: 265–277.

- Safe S, 1994. Polychlorinated biphenyls (PCBs): environmental impact, biochemical and toxic responses, and implications for risk assessment. *Critical Reviews in Toxicology* **24**: 87–149.
- Schmidt J. 1923. The breeding places of the eel. *Philosophical Transactions of the Royal Society London Series B: Biological Sciences* **211**: 179–208.
- Sjöberg N.B, Petersson E, Wickström H, & Hansson S. 2009. Effects of the swimbladder parasite *Anguillicola crassus* on the migration of European silver eels *Anguilla anguilla* in the Baltic Sea. *Journal of Fish Biology* **74**: 2158–2170.
- Sures B, Knopf K. 2003. Individual and combined effects of cadmium and 3,3k,4,4k,5- pentachlorobiphenyl (PCB 126) on the humoral immune response in European eel (*Anguilla anguilla*) experimentally infected with larvae of *Anguillicola crassus* (Nematoda). *Parasitology* **128**: 445–454.
- Székely C. 1996. Experimental studies on the infectivity of *Anguillicola crassus* third-stage larvae (Nematoda) from paratenic hosts. *Folia Parasitol* **43**: 305–311.
- Tesch F.W. 1977. *The Eel Biology and Management of Anguillid Eels*. Chapman and Hall Ltd, London.
- Travade F, Larinier M, Subra S, Gomes P, De-Oliveira E. 2010. Behaviour and passage of European silver eels (*Anguilla anguilla*) at a small hydropower plant during their downstream migration. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* **398**: 1–19.
- Tsukamoto K. 2009. Oceanic migration and spawning of anguillid eels. *Journal of Fish Biology* **74**: 1833–1852
- Vladykov V. 1964. Quest for the true breeding area of the American Eel (*Anguilla rostrata* LeSueur). *Journal of the Fisheries research Board Canada* **21**:1523–1530
- Würtz J, Taraschewski H. 2000. Histopathological changes in the swimbladder wall of the European eel *Anguilla anguilla* due to infections with *Anguillicola crassus*. *Diseases of Aquatic Organisms* **39**: 121–134.
- Würtz J, Taraschewski, H, Pelster B. 1996. Changes in gas composition in the swimbladder of the European eel (*Anguilla anguilla*) infected with *Anguillicola crassus* (Nematoda). *Parasitology* **112**: 233–238.
- Vladykov V, March H, 1975. Distribution of leptocephali of the two species of *Anguilla* in the western North Atlantic based on collections made between 1933 and 1968. *Syllogeus* **6**:1–38.
- Wielgoss S, Taraschewski H, Meyer A, Wirth T, 2008. Population structure of the parasitic nematode *Anguillicola crassus*, an invader of declining North Atlantic eel stocks. *Molecular Ecology* **17**: 3478–3495.
- Wickström H, Clevestam P, Höglund J. 1998. The spreading of *Anguillicola crassus* in freshwater lakes in Sweden. *Bulletin Francais de la Pêche et de la Pisciculture* **349**: 215–221.
- Winter H. V, Jansen H. M, Breukelaar, A. W. 2007. Silver eel mortality during downstream migration in the River Meuse from a population perspective. *ICES Journal of Marine Science* **64**: 1444–1449.