



UPPSALA
UNIVERSITET

Invasiva arter i marina miljöer

Spridningsätt, egenskaper och ekologiska effekter av tre arter: *Caulerpa taxifolia*, *Mnemiopsis leidyi* och *Pterois volitans*



Oskar Agstam

Independent Project in Biology
Självständigt arbete i biologi, 15 hp, vårterminen 2012
Institutionen för biologisk grundutbildning, Uppsala universitet

Sammandrag

I ett balanserat ekosystem är näringsväven uppbyggd på ett ständigt och dynamiskt flöde av energi i näringskedjan, det handlar om att äta eller ätas. I många ekosystem är denna balans väl fungerande och de flesta arter kan hålla en stabil population så att arten klarar sig. Självklart är fallet annorlunda många gånger. Global uppvärmning eller föroreningar i form av utsläpp är två exempel på miljöförändringar som kan störa arters fortlevnad. En miljöförstörelse som är förankrad i dessa två faktorer, och som anses vara ett av de största moderna hoten mot biodiversitet, är förekomsten av invaderande arter. En sådan art är en organism som är helt främmande för ett ekosystem och med hjälp av människan sprids till platsen för att etablera en stabil population. Vägarna till nya ekosystem är många, ballastvatten, handel av akvarieorganismer och kanalsystem mellan olika vatten är tre viktiga källor till spridningen av invaderande arter. När en art väl introducerats till ett nytt ekosystem krävs det att den har de rätta egenskaperna för att etablera sig, förutsättningar för att vidare få fotfäste är inte kvantitativt utrett, men en rad betingelser hos arter kan tänkas vara viktiga: könlös fortplantning, tolerans mot växlingar i salinitet och temperatur, aggressivitet mot konkurrenter och skydd mot predatorer. En främmande art i ett nytt ekosystem kan ge stora ekologiska och ekonomiska konsekvenser, i marina miljöer är det största hotet att växter eller djur konkurrerar ut andra arter. I förlängningen kan det leda till utdöende av förhållandevis svaga arter. Ett utdöende av en växt kan till exempel förstöra lekplatser och "barnkammare" för fiskar, ett representativt exempel för en sådan växt är sjögräset *Caulerpa taxifolia* som konkurrerade ut inhemskt sjögräs på platser i Australien. Det ledde till minskad population av vissa fiskarter i drabbade områden. De ekonomiska aspekterna i detta fall ligger i minskade fångster för aktörer inom fiskeindustrin. Ofta drabbas just denna näringsgren ekonomiskt när det gäller invasiva arter i marina miljöer. Ett annat exempel är kammaneten *Mnemiopsis leidyi* som slog ut nästan hela Svarta havets fiskeindustri genom att dess främsta föda är zooplankton och fisklarver, vilket i sin tur ledde till en drastisk minskning av till exempel ansjovis i dessa vatten. *Pterois volitans*, drakfisken, är ett tredje exempel på en art vars invasion gett en lyckad etablering i nya ekosystem. Artens framfart i vattenmassorna runt om USA är en relativt ny observation, än har inga konsekvenser visat sig men forskare hyser oro för de effekter som drakfisken kommer att utlösa. Om mer resurser läggs på forskning inom området så kan invasiva arter hindras från att etablera sig i nya ekosystem, det borde vara mindre kostsamt att skapa verktyg i förebyggande syfte än att betala för de konsekvenser som invasiva arter ger det nya ekosystemet.

Introduktion

Ett ekosystem är i sin ostörda form vid ett visst ögonblick i balans, en produkt av arters och miljöers samspel under lång tid som gett upphov till "spelets regler", som i sin tur upprätthåller denna balans. En art håller en viss storleksordning på sin population, men detta sker inte av sig själv, utan som en konsekvens av flera ytterligare arter vars livsförfarande är helt sammanlänkat med den tidigare, på så sätt byggs näringsväven vidare och slutligen beror alla arters levnad i ekosystemet av varandra.

En viktig aspekt i detta är att förstå ekosystemet som en dynamisk företeelse, det finns en rad olika påfrestningar som kan reglera arters sammansättning och på så sätt forma arters abundans och även deras livsmiljöer.

Miljöförändringar i form av höjd temperatur, övergödning och försurning är några exempel på faktorer som kan ända arters förutsättning till överlevnad. Direkta förändringar av arter inom ekosystemet kan ges som en konsekvens av sistnämnda, men det finns andra påfrestningar som ger stor påverkan av ett ekosystems artsammansättning.

Invaderande arter är en stor källa till miljöförstöring i form av påfrestningar på artsammansättning i ett ekosystem. Dessa arter kan ge upphov till förödande effekter både ekologiskt och ekonomiskt vilket gör fältet till ett forskningsområde som blir mer och mer aktuellt.

Om man kan förstå dessa arters förutsättningar för sin framfart borde man kunna förutse och förbereda sig för framtida hot av invasiva arter, därför är detta ämne väldigt intressant. För att förstå dessa arters egenskaper och livshistoria måste man få svar på några frågor:

- Vad är en invaderande art?
- Hur påverkar den sin omgivning, ekologiskt och ekonomiskt?
- Finns det några generella drag hos arter som har invaderat nya ekosystem?

I den här uppsatsen kommer tre invasiva marina arter att presenteras. Samtliga har invaderat nya ekosystem och gett stora ekologiska och ekonomiska effekter.

Deras livshistoria, spridningssätt och egenskaper som gjort dem till framgångsrika invasionsarter ska utvärderas och jämföras. Det borde sannolikt finnas likheter mellan dessa arter eftersom de har klarat sådana extrema förändringar i livsvillkor, men ändå framgångsrikt etablerat sig i nya miljöer. Med publikationer från forskare inom området ska en teoretisk ram för invaderande arters beteende och etablering byggas upp och utifrån denna borde en del slutsatser kunna dras.

Invasiva arter

En invaderande art är, per definition, en främmande art som med hjälp av människan introducerats till ett nytt ekosystem genom att ta sig genom barriärer som annars stoppar arten från att migrera till det nya ekosystemet. Ett ytterligare och viktigt kriterium är att den aktuella arten aklimatiserar och etablerar sig (Wallentinus *et al.* 2008). Detta sker på så sätt att det nya ekosystemets struktur väsentligt förändras och biodiversiteten hotas.

Människan har i århundraden introducerat arter till nya ekosystem, jordbruk är det främsta exemplet av historiska faktorer till uppkomsten av invaderande arter. Detta kan anses vara en försumbar faktor till skador som skett i ekosystem på grund av dessa arter, åtminstone om man jämför med dagens spridningssätt som människan ansvarar för (Mayerson *et al.* 2007).

Spridningsprocessen

För att på ett enkelt sätt överblicka de invasiva arternas etableringsprocess kan en teoretisk modell användas. Arternas framgång visualiseras med hjälp av en trappa med fem steg, där varje steg svarar för en essentiell ”check point” för alla invaderande arters etableringsprocess (Wallentinus *et al.* 2008, Heger 2003, Figur 1).

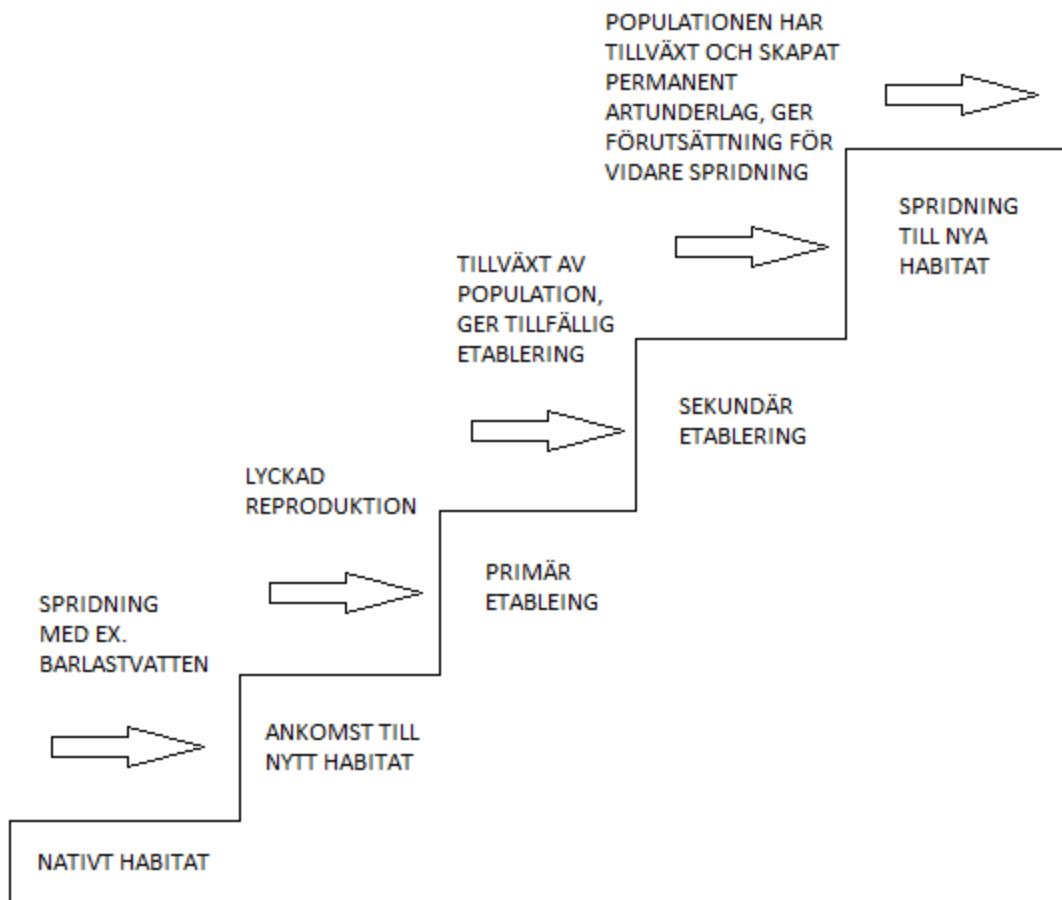
Steg 1: Arten befinner sig i sitt inhemska habitat, där behöver organismen en vektor som förflyttar den till nya ekosystem. Det kan till exempel vara transport med barlastvatten eller liknande.

Steg 2: Arten ankommer till den nya miljön, här krävs det att individerna klarar de nya betingelserna i ekosystemet, exempelvis nya predatorer, temperatur och salinitet. Om arten aklimatiserar och reproducerar sig lyckosamt, kommer den till nästa steg.

Steg 3: Det sker nu en primär och tillfällig etablering av arten om populationen kan växa sig starkare.

Steg 4: Individer av arten är nu så många i antal så att den population som genererats har ett starkt fäste i ekosystemet, vilket benämns som sekundär etablering.

Steg 5: Givet att arten är permanent etablerad och i stort antal så kan etablering och spridning till nya områden äga rum (Wallentinus *et al.* 2008, Heger 2003).



Figur 1. Schematisk figur av spridningsprocessen för invasiva arter, där varje steg avser ett delmål som måste vara uppfyllt för att arten ska kunna fortsätta sin spridning i ekosystemet. Omarbetad efter Wallentinus *et al.* 2008 och Heger 2003.

Spridningssätt och miljöfaktorer

Bortsett från jordbrukets bidragande till invasiva arter, (Mayerson *et al.* 2007), så är barlastvatten, akvarieindustrin och byggande av kanaler några spridningsvägar som har blivit aktuella i den moderna världen. Global uppvärmning och förhöjd koldioxidhalt i haven är också två bidragande orsaker till invasiva arter. I takt med att medeltemperaturen och koldioxidhalten i haven ökar samt att nämnda spridningsvektorer används i högre utsträckning ökar risken för introducerande av nya arter (Bax *et al.* 2003).

Vad gäller barlastvatten finns det två aspekter av introducerande som anses vara huvudsakliga för att just detta spridningssätt ses som ett av de mest effektiva. En aspekt är att arten transporteras under kort tid med goda förhållanden till nya ekosystem där den relativt oförsvagad kan etablera sig. En annan aspekt är att fartygens transportvägar är relativt konstanta vilket i sin

tur leder till att barlastvatten ofta släpps ut på samma ställen. Det gör att den art som introducerats hela tiden får ”förstärkning”, vilket gör att arten får ytterligare fördelar i sin etablering (Mayerson *et al.* 2007).

Akvarieindustrin utgör en, relativt sett, mindre del av invasionspåverkan än barlastvatten, men bör ändå inte förringas. Förflyttandet av arter genom handel, till förmån för akvarieintresserade utgör ett ganska okontrollerat nätverk av transporter av arter till helt nya delar av världen. När de når slutdestinationen finns det risk att de medvetet eller omedvetet släpps ut i nya vatten (Bax *et al.* 2003). Oftast klarar djuren eller växterna inte att överleva och etablera sig i de nya miljöbetingelserna, men vissa acklimatiserar sig och får fäste, ett exempel på en sådan art är sjögräset *Caulerpa taxifolia* som genom oförsiktighet släpptes ut från ett museum i Monaco. Detta ledde till att denna art spred sig snabbt, inte bara i medelhavet utan även till mer avlägsna vatten (Meinesz *et al.* 1993).

Anläggande av kanaler som binder ihop olika marina världar ger arter en god chans att migrera till andra vatten. Även i detta fall kan en konstant migration äga rum, vilket betyder att arten hela tiden kan få förstärkning av nya individer. En annan aspekt är att det kan ske ett fortlöpande urval av individer som klarar sig i det nya klimatet. På det sättet kan en ny art evolvera sig in i ett nytt ekosystem (Bax *et al.* 2003).

En annan orsak till invasiva arters framgång är en förhöjd koldioxidhalt i haven, höjningen av denna essentiella tillväxtfaktor ger en invaderande växtart goda förutsättningar att etablera sig. Det har visat sig i studier att vissa invasiva växtarter får en starkare tillväxtkraft än nativa arter, som en respons på ökat koldioxidhalt. Vad det beror på är dock inte helt kartlagt, men fenomenet är påvisat (Mayerson *et al.* 2007).

Den förhöjda medeltemperaturen i haven är ett fenomen som har visat sig gynna invasiva arter, en orsak är att de inhemska arterna inte klarar av de nya miljöförhållandena samtidigt som de invasiva arterna är tåligare mot miljövariaton. Detta ger de invasiva arterna konkurrensfördel i det nya ekosystemet (Bardsley *et al.* 2007). En annan aspekt är att de invasiva arter som kommer från varmare vatten kan etablera sig i nya ekosystem just på grund av att dessa har fått en höjd temperatur, miljön har blivit mer passande för den invasiva arten och ger större chans för överlevnad. Förutom en höjd medeltemperatur i haven ger global uppvärmning upphov till förändringar i strömmar, vilket leder till att arter kan spridas till nya områden genom att en tidigare konstant strömningsriktning plötsligt förändras (Rahel *et al.* 2008).

Arternas generella egenskaper för framgångsrik spridning

Det har gjorts försök att identifiera och analysera likheter av egenskaper hos arter som framgångsrikt har invaderat nya miljöer, intresset från forskare att kunna generalisera arters förmåga till etablering i nya ekosystem är stort. Detta för att kunna utveckla nya metoder att förhindra nya invasioner. Det skulle vara ett sätt att ligga steget före genom att ha kontroll på vilka arter man borde vara särskilt försiktig med gällande förflyttning (Mack *et al.* 2009).

Ett problem med detta är att man hittills endast observerat och studerat effekterna av invasioner som redan ägt rum, det saknas kvantitativ forskning i form av experiment som kan ge mer exakt vetenskap. Det finns många faktorer som kan spela in i en direktobserverad studie, man kan till exempel inte avgöra om det är artens egenskaper eller miljön i ekosystemet som är nyckeln till framgång. Det man kommit fram till är att det, till viss del, går att förutse vissa invaderande arter med avseende på släktskap (Mack *et al.* 2000). Det finns en del generella egenskaper hos invaderande arter som antas ge fördelar för etablering: Reproduktionsbeteende, födostrategi, aggressivitet mot konkurrenter, skydd mot predatorer och tålighet mot miljövariationer är några beskaenheter som gagnar invasiva arter (Wallentinus *et al.* 2008).

Det reproduktiva beteendet hos organismer är ett avgörande karaktärsdrag för spridning av arten. Könlös fortplantning ger avsevärda fördelar eftersom frånvaron av en partner inte stoppar populationstillväxten. Den egenskapen finner man främst hos alger och vissa andra vattenväxter som exempelvis vattenpest. Valet av reproduktionsstrategi hos exempelvis fiskar ger olika fördelar för spridningsframgång. Om fisken leker på födelseplatsen så kan den lokala populationstillväxten ske snabbare än hos fiskar som vandrar till avlägsna vatten för att leka. En lokal förstärkning av populationen ger en starkare etableringskraft på ett visst ställe, det ger arten en större chans att säkerställa sin existens. De fiskar som reproducerar sig genom vandring har fördel rent spridningsmässigt (Wallentinus *et al.* 2008).

Genom att visa aggressivitet mot konkurrenter kan en invasiv art skaffa sig fördelar gentemot andra arter, de inhemska arterna blir undertryckta av den nya artens beteende (Wallentinus 2008). Ett exempel på en sådan konkurrenssituation där en inhemska art undertrycktes på grund av en invasiv arts aggressivitet är sjögräsets, *C. taxifolia*, utkonkurrerande av naturliga sjögräs i Medelhavet (Meinesz *et al.* 1993).

Vad gäller föda är ett generalistiskt beteende positivt, genom att organismen kan tillgodose sitt näringsbehov från flera olika födokällor minskar den riskerna att svälta. Samtidigt får arten en direkt invasionsstyrka i ett nytt ekosystem då arten kan använda sig av helt nya födokällor och anpassar sig snabbt till det nya ekosystemets betingelser (Wallentinus *et al.* 2008).

Skydd mot predatorer är en viktig styrka för att en invasiv art ska kunna producera en stabil population. En art som utvecklar attribut och egenskaper för att försvara sig mot betare eller rovdjur kan skaffa sig fördelar för överlevnad. Till exempel yttre skydd som taggar eller hårt skelett för att undvika predation (Wallentinus *et al.* 2008), eller utsöndring av toxiner som gör en alg giftig för betare (Meinesz *et al.* 1993).

Hög tålighet mot skiftningar i yttre miljöfaktorer som exempelvis salinitet, pH och temperatur är egenskaper som kan göra en organism till en framgångsrik invasionsart i ett nytt ekosystem (Wallentinus *et al.* 2008).

Ekologiska och ekonomiska effekter

Ett av de största hoten som en invasiv art utgör mot ett ekosystem är att den rubbar och skapar obalans i interaktionerna mellan de naturliga aktörerna i näringsväven. En vanlig följd är att den invasiva arten konkurrerar ut och ersätter en inhemsk art (York *et al.* 2006). Det leder till en rubbning i näringsväven, ett exempel är försvinnandet av ansjovis i Svart Havet som en effekt av att kammaneten *Mnemiopsis leidyi* invaderade ekosystemet. Detta ledde till stora konsekvenser i övrig artsammansättning i havet (Purcell *et al.* 2001).

De ekonomiska effekter som kan uppstå som biverkning vid introduktion av främmande arter delas ofta upp i två grupper. Dels kan det uppstå direkta kostnader av förluster inom den aktuella resursbundna industri som påverkas. Det mest representativa exemplet på detta är fiskeindustrin som påverkas av förändringar inom viktiga populationer av fiskar. Dels uppstår kostnader för de resurser som krävs för att återställa ett rubbat ekosystem och motverka nya invasioner. Forskning och direkta åtgärder i detta fält är kostsamma (Mack *et al.* 2009).

Sjögräset *Caulerpa taxifolia*

Det tropiska sjögräset *Caulerpa taxifolia* (Figur 2) fanns från början isolerat i akvariemiljö på ett museum i Monaco. Någon gång under 1984 upptäckte man att denna alg olyckligtvis spridit sig utanför sin isolerade miljö och etablerat sig kring den steniga stranden nedanför Oceanografiska Museet (Larson 2011).

1989 upptäcktes *C. taxifolia* vid Cap Marin som ligger på franska kusten. Då hade sjögräset hastigt spridit sig hela 3 km. Två år senare hade denna invasiva art etablerat sig på i storleksordningen 0,3 km² av strandnära bottnar vid Monacos kust. Vid den här tiden accelererade spridningen avsevärt och inom ett år observerades *C. taxifolia* 240 km öster om Monaco, 370 kilometer norrut och hela 600 kilometer västerut (Meinesz 1993). Vid år 2000 räknade man med att den totala yta som sjögräset etablerat sig över uppgick till mer än 130 km² (Larson *et al.* 2011).

De angripna bottenarna var av skild karaktär, djupen varierade mellan 0-50 meter och strandsubstratet bestod av allt från klippiga och steniga substrat till sandiga och leriga bottnar, *C. taxifolia* verkade fungera väldigt opportunistiskt och förutsättningslöst gällande bottenmaterial.

Exponerade miljöer som annars verkar ogästvänliga för sjögräs, till exempel uddar som utsätts för starka strömmar, vind och starkt solljus visade sig inte hindra detta sjögräs. Till och med förorenade vatten visade sig innehålla stora mängder *C. taxifolia* (Meinesz *et al.* 1993).



Figur 2. Sjögräset *Caulerpa taxifolia*. Foto: National Oceanic and Atmospheric Administration

Spridningsperioden är starkt temperaturberoende och det har visat sig att spridningen avtar vid temperaturer under 18°C. Mellan juni och augusti visar arten sin högsta etableringshastighet vilken sedan minskar när vintern kommer (Meinesz *et al.* 1993).

C. taxifolia har en speciellt fördelaktig egenskap som gynnar dess aggressiva spridning, sjögräset innehåller ett gift som hindrar betare att äta upp sjögräset. Fiskar, blötdjur och sjöborrar som annars är farliga predatorer för arten kan därmed inte störa populationens framfart (Meinesz *et al.* 1993).

Sjögräsets etablering i medelhavet har observerats och följts genom en större informationskampanj som riktades mot dykklubbar, yrkesfiskare och intresserade turister längs den franska kusten. Studiesamordnande aktör skickade ut 30000 broschyrer och 3000 affischer där *C. taxifolia* beskrevs ingående så att en lekman lätt kunde artbestämna denna. Verksamheten

inriktades på att bli en stor inventering utan några större kostnader, med hopp om att allmänheten skulle intressera sig för projektet. De frivilliga inventerarna rapporterade plats, bottensubstrat och djup där de funnit sjögräset till en telefonlinje direkt till laboratoriet. I yta räknat rapporterades det totalt om 0,6 km² etablerad bottenyta längs den franska kusten mot medelhavet år 1991, vilket visar på en stark etableringskraft hos arten (Meinesz *et al.* 1993).

Det främsta ekologiska hotet som *C. taxifolia* utgör grundar sig på dess förmåga att konkurrera ut naturligt förekommande sjögräs i främmande habitat och på så vis förstöra naturliga levnadsmiljöer för många arter. Flodmynningsmiljöer har visat sig vara väldigt rika på olika fiskarter, en barnkammare för fiskyngel. Det som ligger till grund för att man finner så många olika arter fisk i dessa miljöer är det naturliga sjögräs som arterna länge har använt för att nå en framgångsrik reproduktion. Det ger skydd för yngel och larver i dess juvenila stadium, så att så många som möjligt ska överleva till vuxen storlek. I en studie som gjordes av York *et al.* (2006) ville man avgöra huruvida biodiversiteten ökar eller minskar i miljöer med naturligt sjögräs kontra miljöer som blivit invaderade av *C. taxifolia*. I studien jämförde man artrikedomen av fisk i tre områden bestående av flodmynningsmiljöer, i samtliga områden undersöktes två platser, en med naturligt sjögräs och en plats som var invaderad av *C. taxifolia*. Man fann att artrikedomen var lägre i miljöerna som blivit invaderad av den främmande arten, vilket i sin tur visar att *C. taxifolia* kan ge upphov till minskade artantal av fiskar (York *et al.* 2006).

Kammaneten *Mnemiopsis leidyi*

Livshistoria i naturliga habitat

M. leidyi (Figur 3) tillhör fylum Ctenophora, kammaneter. Kustnära vatten och flodmynningar är miljöer där arten finns i störst utsträckning, de nativa populationerna finns längs hela USA:s östkust. Den huvudsakliga födan är zooplankton och ichtyoplankton (larver och ägg av zooplankton och fisk), vilket gör arten till en farlig predator då den kan attackera en födogren långt ner i näringskedjan som många andra arter är helt beroende av (Purcell *et al.* 2001).

Karaktäristiskt för arten är att dess ämnesomsättning, tillväxthastighet och reproduktion sker i särskilt hög hastighet, det är viktiga egenskaper för att kunna invadera nya ekosystem (Purcell *et al.* 2001).

I sina naturliga habitat visar *M. leidyi* en stor tålighet för temperaturvariation, arten förekommer på platser på nordkusten där temperaturen kan vara så låg som 2°C, men även på platser vid södra kusten där temperaturen kan nå 32°C. Arten visar sig också vara tålig mot variationer i vattnets salthalt, denna kammanet har funnits i vatten där salthalten har varit mindre än 2psu såväl som i vatten med en salthalt på hela 38psu (Purcell *et al.* 2001).

Gemensamt för artens naturliga habitat längs Amerikas östkust är att det finns särskilt stora bestånd av zooplankton i dessa vatten, studier har visat på en täthet av 11-220mg C m⁻³ (Purcell *et al.* 2001).

Man kan kort sammanfatta att *M. leidy* har en framgång som beror av tre viktiga faktorer: temperatur, salinitet, födotillgång och predation (Purcell *et al.* 2001).

Det sistnämnda utgörs främst av en släkting, *Beroe ovata*, som även den tillhör djurgruppen Ctenophora. Detta är en predator på *M. leidy* (Bisther 2005). *B. ovata* kan ta byten upp till halva sin egen kroppsstorlek (Swanberg 1974), vilket gör att *M. leidy* är ett naturligt byte då den under största delen av sitt liv är i storleksordningen halva eller mindre än halva storleken av *B. ovata* (Dougherty *et al.* 2011).



Figur 3. Kammaneten *Mnemiopsis leidy*. Foto: Steven G. Johnson

Invasionen av *M. leidy* Svarta havet

M. leidy är en välkänd invasionsart, det som gett upphov till detta är artens invasion av Svarta havet. Dess etablering i detta främmande ekosystem gav förödande konsekvenser, dels rent ekologiska men även ekonomiska. Arter försvann periodvis och fiskindustrin för intilliggande länder blev hårt drabbad under lång tid.

Första observationen av *M. leidy* gjordes i november 1982, vid Sudak Bay i Svarta havet. År 1988 visade det sig att arten spridits till alla delar av havet och uppnått en genomsnittlig täthet av 40g m^{-3} (våtvikt). Hösten 1989 uppmättes den absolut högsta biomassan av arten i Svarta havet, hela 184g m^{-3} . Mellan 1990 och 1993 sjönk tätheten en aning, varefter arten återigen fick ett

uppsving till 108g m^{-3} år 1994. Under en längre period sjönk biomassan av *M. leidyi* och var fortsatt låg fram till 1998 då en mätning återigen visade på ökad täthet, 35g m^{-3} (Purcell *et al.* 2001).

Trots de återigen höga tätheterna har Svarta havet långsamt återhämtat sig. Detta beror på att *M. leidyi*'s släkting och predator *B. ovata* också invaderade Svarta havets vatten vid år 1997. Då kunde populationen av den första kammaneten balanseras och fiskeindustrin återhämta sig (Snarud 2007).

Denna arts aggressiva och lyckade invasion av Svarta havet grundar sig i en rad händelser och företeelser som byggts upp långt innan havet invaderades. På 1960-talet började havet att förändras drastiskt, olika mänskliga stressfaktorer påverkade miljön i vattnet. Inflöde av sötvatten från vattendrag minskade, och bottenrålning och överfiske rubbade ekosystemet (Shiganova *et al.* 2001). Föroreningar i form av kväve och fosfor från gödningsmedel inom jordbruk spolades ut i havet, jordbruken låg nära kusten och gödningsmedel användes i hög grad. Det orsakade övergödning av Svarta havet vilket i förlängningen ledde till en explosion av zooplankton (Kidneys 2002). Eftersom födan för *M. leidyi* huvudsakligen består av just sådana organismer resulterade övergödningen i en explosionsartad etablering av denna nyintroducerade främmande art.

Fiskbeståndet slogs nästan ut på grund av denna arts etablering. Eftersom *M. leidyi* även livnär sig på ichtyoplankton slog dess expansion hårt på fiskebeståndet då larver och ägg av fiskar inte hade någon chans att överleva till vuxen storlek. *M. leidyi* angrep näringskedjan från grunden. Förutom att födotillgången var extremt gynnsam så var Svarta havet, som livsmiljö, exemplarisk för denna kammanet. Medeltemperatur på sommaren är ca $24\text{--}29^\circ\text{C}$, på vintrarna mellan $13.3\text{--}14.2^\circ\text{C}$. Saliniteten varierar mellan 38,7 - 39,1psu. Stora områden av norra delarna i Svarta havet består av grunda flodmynningsmiljöer och grunda vatten med djup på 15-25 meter, perfekta levnadsvillkor för *M. leidyi* (Shiganova *et al.* 2001).

Drakfisken *Pterois volitans*

Drakfisken (Figur 4) är en marin fiskart som naturligt finns i delar av Stilla havet. Främst finner man arten längs ett band från södra Japan, Korea, Indonesien och ända till Australien. Drakfisken verkar trivas bäst i övre skiktet av vattenmassan till högst 50 meters djup, och sand- och korallbottnar är vanliga observationsplatser. Den håller gärna till vid sjösidan av korallrev, laguner och även i hamnar. Dess föda består främst av mindre fiskar, krabbor och räkor. Det försvar som drakfisken har mot predatorer är dess giftiga och vassa taggar som omger kroppen, vilket är ett effektivt skydd.

Som invasiv art har drakfisken drabbat stora delar av USAs intilliggande vatten. Den första observationen av drakfisk i Stilla havet gjordes 1992, när stormen Andrew drog in över Floridas kust och orsakade att ett akvarium på ett museum krossades och sex stycken drakfiskar tog sig ut i det fria vattnet. Huruvida detta är den enda spridningsorsaken eller inte kan diskuteras, men det

är den enda källan som man vet till 100% har givit upphov till ett utsläpp av arten (Ruiz-Carus *et al.* 2006).



Figur 4. Drakfisken *Pterois volitans*. Foto: Brian Gratwicke.

Fram till 1994, har en rad observationer gjorts i närområdena till museet i Florida, dock ej verifierade (Ruiz-Carus *et al.* 2006). Däremot har rapporterade och verifierade observationer av *P. volitans* gjorts på senare tid. Det har kommit in rapporter om drakfisken från North Carolina, Georgia och Florida. Alla observerade exemplar anses vara vuxna individer, vilket visar att fiskarna lyckas överleva till vuxen storlek och därmed klarar sig bra det nya klimatet. Observationer av drakfisken har gjorts på flera platser längs USA:s östkust och med det som bakgrund antar man att denna art finns representerad, mer eller mindre, över hela östra kusten (Ruiz-Carus *et al.* 2006). Även västkusten är drabbad, 2010 bekräftades följande platser som etablerade av *P. volitans*: Florida, Bahamas, Dominikanska republiken, Puerto Rico, större delen av Lesser Antilles, Caymanöarna, Jamaica, Colombia, Costa Rica, Belize, Venezuela och Mexico (Aguilar-Perera *et al.* 2010). Man räknar med att denna art kommer att fortsätta sin spridning, speciellt i södergående riktning, om arten klarar de nya miljöbetingelserna kan den inom överskådlig tid till och med sprida sig ända till Sydamerika (Schofield 2010).

Eftersom etableringen av *P. volitans* är en relativt ny händelse har inga direkta ekologiska eller ekonomiska effekter visat sig, men forskare hyser oro för biverkningarna av denna invasiva art. Med tanke på dess potentiella motståndskraft mot predatorer och dess födokällor anses *P. volitans* kunna ge stora effekter på marina miljöer och ekosystem (Schofield 2010).

Diskussion

En invaderande art är en sådan som med människans hjälp tar sig till nya ekosystem för att etablera en population. Om denna population får fäste i det nya ekosystemet kan arten sprida sig vidare till närliggande habitat (Wallentinus *et al.* 2008).

Den stora fara som en invasiv art utgör på ett nytt ekosystem kan delas upp i två grupper, ekonomiska och ekologiska.

Ekologiska effekter

De ekologiska effekter som en invasiv art utgör på andra arter och sin omgivning är oftast direkt relaterade till en konkurrenssituation som uppstår när den nya arten gör anspråk på föda eller levnadsutrymme.

Sjögräset *C. taxifolia* visar sig vara ett bra exempel på en art som invaderar ett ekosystem och konkurrerar ut naturligt förekommande sjögräs. Detta leder till att naturliga levnadsmiljöer för exempelvis fiskyngel förstörs och fiskpopulationer försvagas. Det invasiva sjögräset har egenskaper som ger arten stark etableringskraft, de viktigaste framgångsfaktorerna för *C. taxifolia* är snabb tillväxt och spridning samt dess giftskydd mot predatorer (Meinesz *et al.* 1993).

Kammaneten *M. leidy* är ett bra exempel på en invasiv art som har starka konkurrensfördelar gällande föda. Denna art har zooplankton och ichtyoplankton som primär födokälla, vilket många andra arter också har. Fiskyngel är beroende av zooplankton för sin uppväxt och överlevnad, så när *M. leidy* får ökad population så blir fiskynglen nästan utkonkurrerade. Förutom att denna konkurrensfördel gynnar kammaneten så försvagas även fiskpopulationer på ett mer direkt sätt eftersom *M. leidy* verkar som en predator mot fisklarver och fiskyngel (Purcell *et al.* 2001).

Ekonomiska effekter

Som en följd av att en invasiv art, växt eller djur, konkurrerar ut andra växt- eller djurgrupper sker en rubbning av ekosystemet. Det kan betyda att vissa naturliga populationer av arter försvagas eller dör ut. De ekonomiska effekter som blir påtagliga för människan är främst förluster inom fiskeindustrin. Om en invasiv art förstör yngelvårdsmiljöer eller födotillgångar blir biverkningen att få fiskar klarar sig till vuxen storlek och därmed blir fångsterna små för fiskeindustrin.

En annan aspekt av den ekonomiska problematiken med invasiva arter är kostnader för sanering och återställande av rubbade ekosystem. Forskning och direkta ekologiska insatser är kostsamma. Sammantaget blir kostnader för en försvagad fiskeindustri och åtgärder för återställning av ekosystemen komplexa. Dessutom är det troligtvis mycket dyrare än att arbeta med förebyggande åtgärder.

Spridningssätt

Gemensamt för marina invasiva arter är deras spridningssätt: vanligast är transport med barlastvatten (Mayerson *et al.* 2007), medvetna eller omedvetna utsläpp av akvarieorganismer (Bax *et al.* 2003) och byggande av kanaler som binder ihop vattenmassor (Bax *et al.* 2003). Dessa spridningssätt är effektiva vektorer för många arter. *M. leidy* är ett exempel på en art som spridits med barlastvatten och *C. taxifolia* samt *P. volitans* är exempel på arter som spridits från akvariekomplex.

Finns det generella drag hos invasiva arter?

Det finns ingen exakt vetenskap eller kvantitativ forskning inom området att använda för att lägga upp ett ramverk för invasiva arters egenskaper och orsakerna till spridningsframgång. Detta grundar sig i att vetenskapen om invasiva arter endast baseras på observationer av ekosystem som redan blivit invaderade (Mack *et al.* 2000). Det skulle om möjligt behövas experimentbaserade utredningar av detta, till exempel att utreda en invasiv egenskap i taget för olika arter som man antar ligger i riskgrupp för spridning.

Det finns dock en del generella egenskaper som antas ge fördelar för invasiva arter. Könlös fortplantning anses vara en viktig faktor för en lyckad etablering. Det kan verka naturligt eftersom en invasiv art anländer till nya ekosystem i låga antal. Det blir lättare att initiera en population om organismen inte behöver hitta en partner för att reproducera sig. Ett generalistiskt förhållningssätt till föda ger fördelar då nya födokällor ofta finns i nya ekosystem som arten anländer till. Aggressivitet mot konkurrenter ger fördelar i ökat levnadsutrymme. Skydd mot predatorer i form av gift eller andra skyddande attribut är ett sätt att hålla den nyetablerade populationen säker från att bli undertryckt av högre djur i näringskedjan. Tålighet mot yttre variationer i temperatur, pH och salinitet bör vara ytterligare en god egenskap för en invasiv art eftersom nya habitat kan variera i miljöbetingelser (Wallentinus *et al.* 2008).

Slutsatser

Det är möjligt att utreda invasiva arters karaktärer. Om det går att förutsäga huruvida en art är i riskgrupp eller inte för att invadera nya ekosystem, kan förebyggande åtgärder sättas in före en invasion äger rum. Rent ekonomiskt skulle det troligtvis gynna alla parter med olika intressen, ekonomiska som ekologiska. Vad kostade egentligen förlusterna för fiskeindustrin i Svarta havet efter *M. leidy*'s invasion? Hade det blivit mindre kostsamt att forska inom området och eventuellt kunna förhindra denna katastrof? Svaret kan verka självklart, därför bör mer resurser till

forskning och åtgärder sätts in för att förstå dynamiken bakom invasiva arter. Just nu pågår en etablering av drakfisken runt om USA:s kust. Än har inga effekter gett sig till uttryck, men med rätta verktyg kan vi kanske i ett tidigt skede göra skadeverkningarna mindre påtagliga. Just detta område är ett fält där forskning även bör göras storskaligt för att i reell tid samla så mycket kunskap som möjligt för att vara beredd för nästa invasiv art.

TACK

Tack till Annica Lundgren Neümuller, Joanna Fahlén och Karin Norlin för god återkoppling och bra tips. Jag vill också tacka Anna Brunberg för handledning, även Katariina Kiviniemi för konsultation i det initiala skedet av arbetet.

Referenser

- Aguilar-Perera A, Tuz-Sulub Armin. 2010. Non-native, invasive red lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus, 1758]: Scorpaenidae), is first recorded in the southern gulf of Mexico, off the northern Yucatan Peninsula, Mexico. *Aquatic Invasions* **5**: 9-12.
- Bakan G, Büyükgüngör H. 2000. The Black Sea. *Marine Pollution Bulletin* **41**: 24-43.
- Bardsley DK, Edward-Jones G. 2007. Invasive species policy and climate change: social perceptions of environmental change in the Mediterranean. *Environmental Science & Policy* **10**: 230-242
- Bax N, Williamson A, Aguero M, Gonzalez E, Geeves W. 2003. Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity. *Marine Policy* **27**: 313-323.
- Bister A. 2005. Fripassagerarna. WWW-dokument 2012-10-22:
<http://fof.se/tidning/2005/6/fripassagerarna>. Hämtad: 2012-10-22.
- Dougherty C, Rimmer S. 2011. Beroe ovata. WWW-dokument 2012-04-18:
http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Beroe_ovata.html. Hämtad: 2012-04-18.
- Heger T, Trepl L. 2003. Predicting biological invasions. *Biological Invasions* **5**: 313-321.
- Kidneys AE. 2002. Fall and rise of the Black Sea Ecosystem. *Science* **297**: 1482-1484.
- Larson DL, Phillips-Mao L, Quiram G, Sharpe L, Stark R, Sugita S, Weiler A. 2011. A framework for sustainable invasive species management: Environmental, social and economic objectives. *Journal of environmental management* **92**: 14-22.

- Mack RN, Simberloff D, Lonsdale WM, Evans H, Clout M, Bazzaz FA. 2000. Biotic Invasions: Causes, Epidemiology, Global Consequences, and control. *Ecological Applications* **10**: 689-710.
- Meinesz A, de Vaugelas J, Hesse B, Mari X. 1993. Spread of the introduced tropical green alga *Caulerpa taxifolia* in northern Mediterranean waters. *Journal of applied phycology* **5**: 141-147.
- Meyerson LA, Mooney HA. Invasive alien species in an era of globalization. *Frontiers in ecological environments* **5**: 199-208.
- Oguz T, Fach B, Salihoglu B. Invasion dynamics of the alien ctenophore *Mnemiopsis leidyi* and its impact on anchovy collapse in the Black Sea. *Journal of plankton research* **30**: 1385-1397.
- Rahel FJ, Olden JD. 2008. Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species. *Conservation biology* **22**: 521-533.
- Purcell JE, Shiganova TA, Decker MB, Houde ED 2001. The ctenophore *Mnemiopsis* in native and exotic habitats: U.S estuaries versus the Black Sea basin. *Hydrobiologia* **451**: 145-176.
- Ruiz-Carus R, Matheson Jr RE, Roberts Jr DE, Whitfield PE. 2006. The western pacific red lionfish, *Pterois volitans* (Scorpaenidae), in Florida: Evidence for reproduction and parasitism in the first exotic marine fish established in state waters. *Biological Conservation* **128**: 384-390.
- Schofiel PJ. 2010. Update on geographic spread of invasive lionfishes (*Pterois volitans* [Linnaeus, 1758] and *P. miles* [Bennett, 1828]) in the Western North Atlantic Ocean, Caribbean Sea and Gulf of Mexico. *Aquatic invasions* **5**: 117-122.
- Shiganova TA, Mirozoyan ZA, Studenikina EA, Volovik SP, Siokou-Frangou I, Zervoudaki S, Christou ED, Skirta AY, Dumont HJ. 2001. Population development of the invader ctenophore *Mnemiopsis leidyi*, in the Black Sea and in other seas of the Mediterranean basin. *Marine Biology* **139**: 431-445.
- Snaprud P. 2007. Kammanet hotar svenskt fiske. WWW-dokument 2012-10-22: <http://fof.se/tidning/2007/2/kammanet-hotar-svenskt-fiske>. Hämtad: 2012-10-22.
- Swanberg N. 1974. The feeding behavior of *Beroe ovata*. *Marine biology* **24**: 69-76.
- Wallentinus I, Werner M. 2008. Främmande arter i svenska vatten - ska vi bry oss?. WWW-dokument 2012-10-22: <http://www.aqualiens.tmbi.gu.se/Aqualiensskrift.pdf>. Hämtad: 2012-10-22.
- Whitfield PE, Gardner T, Vives SP, Gilligan MR, Courtenay Jr, WR, Carleton Ray G, Hare JA. 2002. Biological invasion of the Indo-Pacific lionfish *Pterois volitans* along the Atlantic coast of North America. *Marine ecology progress series* **235**: 289-297.

York PH, Booth DJ, Glasby TM, Pease BC. 2006. Fish assemblages in habitats dominated by *Caulerpa taxifolia* and native seagrass in south-eastern Australia. *Marine ecology progress series* **312**: 223-234.