



UPPSALA
UNIVERSITET

Det japanska jätteostronet, här för att stanna?

Robin Löfgren

Independent project in biology

Självständigt arbete i biologi, 15 hp, ht-13

Institutionen för biologisk grundutbildning, Uppsala universitet

Det japanska jätteostronet, här för att stanna?

Robin Löfgren

Självständigt arbete i biologi 2013

Sammandrag

Det japanska jätteostronet är det mest sålda ostronet i världen och från att ha varit endemisk för Japan odlas idag arten över hela världen. Kraftig inplantering har skett längs hela den europeiska atlantkusten och detta har lett till spridning av ostronet även till vilt tillstånd. Utbredningen har i flera länder skett explosionsartat och ostronet har starkt påverkat sin omgivning och konkurrerat ut flera inhemska arter. Från att tidigare endast ha reproducerat sig i varmare vatten sker nu reproduktion av arten ända upp till Skandinavien. Arten observerades för första gången i Sverige 2007 och fanns då utmed hela västkusten med störst täthet i norra Bohuslän. Det japanska ostronet är en habitatgeneralist som är tålig mot både stora temperatur- och saltvariationer. Arten har även snabb tillväxt och kan föröka sig kraftigt. Det finns få naturliga fiender i Europa då det japanska ostronet dels är mycket större än inhemska musslor och dels bildar tåliga revformationer som har en skyddande effekt mot predation. Det japanska ostronet har etablerat sig i Sverige men i vilken utsträckning det kommer breda ut sig är oklart. Varmare klimat på grund av växthuseffekten pekas ut som en viktig orsak till ostronets utbredning i norra Europa då kalla vintrar ger hög dödlighet och milda somrar förhindrar reproduktion i detta område. Med fortsatt växthuseffekt och stigande temperaturer kommer ostronets utbredning i Sverige sannolikt att ske i allt större utsträckning och i allt snabbare takt.

Inledning

Allt sedan människan började färdas mellan kontinenter har hon både medvetet och omedvetet introducerat främmande arter till nya platser. Detta har inte sällan störande påverkan på de redan befintliga ekosystemen. Vissa arter kan smälta in i ett nytt ekosystem medan andra arter istället blir invasiva vilket innebär att de sprider sig i det närmsta obegränsat, bildar mycket stora populationer och börjar dominera befintlig flora och fauna (Sandlund *et al.* 2001, Bax *et al.* 2003). Många faktorer spelar in huruvida en art blir invasiv eller ej men brist på naturliga fiender anses vara en av de främsta (Williamson & Fitter 1996). Riskerna med invasiva arter är stora. Dessa främmande arter kan komma att föra med sig nya sjukdomar eller på grund av sin dominans slå ut andra arter. Detta kan vara förödande för biodiversiteten. En art slås heller sällan ut obemärkt utan detta kan få en hel serie på varandra följande konsekvenser som kan sätta ett helt ekosystem ur balans. Ekosystemen är så komplexa att det kan vara svårt att förstå följderna av introduceringen av främmande arter förrän det är för sent och konsekvenserna ett faktum (Sandlund *et al.* 2001, Bax *et al.* 2003).

Ett stort inflöde av nya arter har, under de senaste par hundra åren, skett med lastfartygs barlastvatten i vilket organismer omedvetet har transporteras över jordens hav (Carlton & Geller 1993). Ett exempel på detta är kammaneten (*Mnemiopsis leidyi*) som introducerades till Svarta havet genom barlastvattnet hos lastfartyg på 1980-talet. Den kom, tillsammans med ett intensivt fiske, att förändra ekosystemet kraftigt i havet då maneten predatorer på plankton, fiskägg och larver. Detta tillsammans med att den förökar sig snabbt och saknade naturliga fiender gjorde att den ökade kraftigt i antal på bekostnad av flera fiskarter vars bestånd sjönk kraftigt (Shiganova 1998).

En stor del av introduceringen av främmande arter sker dock medvetet av människan, i vinstdrivande syften, för att bedriva uppfödning eller odling av en art (Naylor *et al.* 2001). En av dessa introducerade och kraftigt odlade arter är det japanska jätteostronet (*Crassostrea gigas*), hädanefter kallat det japanska ostronet. Det japanska ostronet är idag det mest odlade ostronet och en av de största marint odlade produkterna i världen (FAO 2009). Tidigare var arten endemisk för Japan men en kraftig inplantering av ostronet, runt om i världen, har dock lett till att den nu finns spridd till alla kontinenter (Miossec *et al.* 2009).

Ostronets utbredning i Europa

Under 1800-talets senare hälft ökade efterfrågan på ostron i USA och Europa och kommersiell odling bedrevs i flera länder. Det europeiska ostronet (*Ostrea edulis*) som är naturligt förekommande längs hela den Europeiska atlantkusten ända upp till Skandinavien var det ostron som främst odlades i Europa. Odling förekom i många länder men framförallt i Frankrike, Holland och Spanien. Allt större exploatering av det europeiska ostronet skedde under 1900-talet men flertalet sjukdomar och parasitangrepp kom att decimera odlingarna kraftigt (Heral & Deslous-Paoli 1991, Miossec *et al.* 2009). Detta i kombination med det ovan nämnda stora fisketrycket ledde till att det europeiska ostronet minskade radikalt i mängd. I ett försök att ersätta befintliga ostronarter och få ostronodlingen på fötter igen påbörjades introduceringen av det japanska ostronet.

Efter lyckad inplantering i Nordamerika på 20-talet planterades det japanska ostronet in i Europa 1964 i Holland och 1966 i Frankrike. I Frankrike följde därefter en kraftig import av ostronet mellan åren 1971 och 1977 (Grizel & Héral 1991, Drinkwaard 1998). Sedan har länder längs Atlantkusten gjort detsamma. Det japanska ostronet inplanterades för odling i Belgien (1969), Tyskland (1971) och Danmark (1972). Norge har sedan 1979 importerat och odlat ostronet i omgångar och även i Sverige gjordes 1973 och 1976 fåtalet försök till inplantering i Strömstad (Troost 2010, Wrangle *et al.* 2010). Det japanska ostronets spred sig till en början inte utanför odlingarna, i länderna norr om Frankrike, vilket också hade förutspåts. Vattnet antogs vara för kallt för dess reproduktion även om det Stilla havsfödda ostronet klarade av att leva och tillväxa i det. Nya yngel inplanterades därför varje år (Heral & Deslous-Paoli 1991).

Det japanska ostronets förväntade avgränsning till odlingarna var dock inte bestående. 1975 och 1976 dokumenterades i Holland att det japanska ostronet hade reproducerat sig och börjat sprida sig. Därefter har arten observerats sprida sig allt längre och längre norrut i vilt tillstånd tack vare självreproduktion (Drinkwaard 1998, Reise *et al.* 1998). Detta har lett till att det japanska ostronet nu finns i längs hela de holländska, tyska och danska kusterna (Drinkwaard 1998, Diederich 2005a, Wrangle *et al.* 2010). I området som heter Vadehavet, vilket är ett grunt havsområde av sydöstra Nordsjön som angränsar mot dessa tre länders kust (Nationalencyklopedin 2013), har stora och mycket snabbt växande populationer de senaste åren observerats (Diederich *et al.* 2005, Fey *et al.* 2010). Även på den svenska bohuslänska västkusten observerades, främst från allmänheten, japanska ostron 2007 vilket var första gången detta inträffade. En kartläggning genomfördes därefter och det japanska ostronet observerades på flertalet ställen i varierande kvantiteter längs västkusten ända från Strömstad ner till Falkenberg. Troligen har det japanska ostronet kommit dispersivt från odlingar i Norge eller via strömmar som passerar den danska kusten, går in via Skagerrack och möter den svenska västkusten (Wrangle *et al.* 2010, Strand 2011).

Det japanska ostronet har visat sig vara en invasiv art som har etablerat sig i en rad länder vilket har fått följderna för befintliga ekosystem. Vid etablering har den visat sig tillväxa snabbt

i populationsstorlek, vara en effektiv kolonizatör och en stark konkurrent gentemot Europas infödda arter (Troost 2010). Detta har observerats längs stora delar av den europeiska atlantkusten där ostronet i första hand har påverkat andra filtrerare, vilka konkurrerar om samma ekologiska nisch. Både det europeiska och det portugisiska ostronet (*Crassostrea angulata*) har i princip blivit utkonkurrerade vid etablering av det japanska ostronet (Heral & Deslous-Paoli 1991). I Vadehavet har tydlig konkurrens observerats mellan det japanska ostronet och blåmusslan (*Mytilus edulis*) där ostronet koloniserar blåmusselbäddar. I och med detta kan nu ostron hittas på många av musselbäddarna och vissa håller på att helt tas över och istället förvandlas till ostronrev (Drinkwaard, 1998, Diederich 2006, Nehls *et al.* 2006). Dessa ostronrev är både tåliga och kan utvecklas till stora tredimensionella strukturer vilka kan påverka ett ekosystem på flera sätt, både genom omvandling av exempelvis mjuka sandbottnar och genom förändrad strömning och flöde av vatten då stora rev bromsar vattenströmmar (Gutierrez *et al.* 2003, Ruesink *et al.* 2005).

Artens spridning har tidigare fått effekter på infödda arter och ekosystem. Detta leder till frågan huruvida dess förekomst på västkusten är början på en etablering och utbredning, liknande den observerade i Vadehavet, eller bara en tillfällighet. Frågeställningen för den här rapporten är därför ifall det japanska ostronet skulle kunna etablera och sprida sig på den svenska västkusten. Inledningsvis kommer det japanska ostronets fysiologi belysas. De invasiva egenskaperna, som gör arten så framgångsrik, såsom adaptation, tillväxthastighet och habitatgeneralism kommer sedan att kartläggas. Slutligen kommer ostronets nuvarande utbredning i Sverige samt eventuella anpassning till, de för svenska västkusten rådande, abiotiska och biotiska faktorerna att beskrivas.

Det japanska ostronet

Det japanska ostronet är en bottenlevande filtrerare i klassen musslor (bivalvia). Musslor i sin tur tillhör stammen blötdjur och karakteriseras av att vara inneslutna och skyddade av ett tvådelat och gängat skal (Miossec *et al.* 2009). Filtrerare är under större delen av livscykelns fastsittande och livnär sig genom att pumpa stora mängder vatten genom sina gälar via cilier och filtrerar vattnet. På så sätt tas födopartiklar såsom växtplankton, alger och andra mikroorganismer upp (Jørgensen 1990).

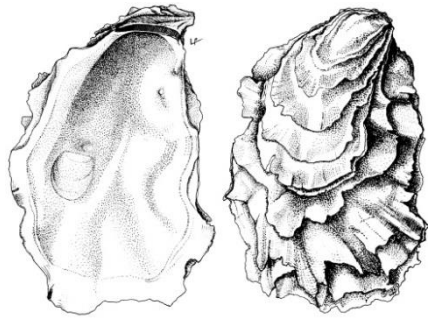
Livscykel

Det japanska ostronet är sekventiell hermafrodit och kan därmed byta kön under sitt liv. Vanligast är att ostronen föds som hanar och sedan utvecklas till honor, ofta till följd av yttre faktorer. Riklig tillgång på föda är något som gynnar ett byte till hona. Det japanska ostronet är också som många musslor ovipart vilket innebär att utveckling av befruktat ägg sker utanför modern. Förökning sker därför genom att han- och hongameter frisätts från vuxna individer i det fria vattnet där befruktning sker. I Europa sker reproduktionen i juli och augusti (Heral & Deslous-Paoli 1991). Efter befruktning bildas en larv som är fritt simmande i den pelagiska vattenmassan i ungefär tre veckor. Under denna tid utvecklas en fot och ett öga. Slutligen så sker metamorfos av larven till ett yngel. Simförmågan avtar samtidigt som ynglet blir redo att fästa till en lämplig yta (Gosling 2003). I och med kolonisering övergår ostronet från yngel till sin juvenila fas. Sexuell mognad kan ske redan under första året men inte innan ostronet har nått en längd på 5 cm (Heral & Deslous-Paoli 1991).

Ostronynglen kräver ett hårt underlag att fästa på och börja sin bottenlevande, stationära fas (Heral & Deslous-Paoli 1991). Mjuka sand- eller lerbottnar, vilka dominerar Vadehavet, fungerar därför dåligt som underlag. I dessa områden fäster dock ostronen på blåmusslor som

erbjuder den nödvändiga hårda ytan (Diederich 2006). När väl adulta ostron finns har ynglen visat sig ha en starkare tendens att fästa på samma art, det vill säga andra ostron, vilket leder till att ansamlingar och täta kulturer bildas (Diederich 2005a).

Det japanska ostronets skal kan bli ända upp till 30 cm långt även om ostronen i norra Vadehavet har tenderat att bli något mindre med en maxlängd på cirka 20 cm (Diederich 2006). Skalet (fig. 1) är räfflat och gropigt. Vid kolonisering av yngel ger dessa gropar troligen ett skydd mot predatorer under den juvenila fasen. Som en följd av detta är koloniseringen av yngel mer utbredd på ostron än på till exempel de släta blåmusslorna eller



Figur 1. Det japanska ostronets skal. Återgiven med tillåtelse av ICES (Miossec *et al.* 2009).

stenar (Diederich 2005a, Kochmann *et al.* 2008). Denna egenskap hos skalen får som effekt att ostronen blir kolonibildande och skapar aggregat bestående av stora kluster. Efter att ynglen har fäst sig är ostronen helt stationära och förflyttar sig ej under återstoden av livscykeln (Diederich 2005a, Nehls *et al.* 2006, Kochmann *et al.* 2008). Det japanska ostronet återfinns framförallt intertidalt (Diederich 2005a), det vill säga i den delen av havet närmast stranden som ligger inom tidvattenzonerna. Den intertidala vattenzonen är helt täckt av vatten vid flod och helt eller delvis torrlagd vid ebb (Nationalencyklopedin 2013).

Det japanska ostronet kan dock även hittas subtidalt, det vill säga i den vattenzon som i princip alltid är täckt av vatten, ända ner till 15 meter, under förutsättning att salthalt och framförallt temperatur är rätt (Buroker 1985, Miossec *et al.* 2009). Att de i högre utsträckning lever intertidalt kan bero på större predation på ynglen eller de juvenila ostronen subtidalt. Vid försök då de juvenila ostronen var inhägnade och på så sätt skyddade från predation har samma kvantiteter av ostron subtidalt som intertidalt observerats (Diederich 2005a).

Möjliga invasiva egenskaper

En av faktorerna, som avgör huruvida en art blir invasiv eller ej pekas ofta ut att vara naturliga fiender. Denna del kommer belysas specifikt för de skandinaviska och svenska förhållandena i nästa avsnitt. Dock spelar många egenskaper hos arten in som exempelvis tillväxthastighet, sexuell mognad och fekunditet. Typiskt för arter som kan etablera sig i nya miljöer är även att de är generalister, det vill säga de kan fungera i en rad olika habitat, har ett brett födointag samt är tåliga mot en mängd olika miljömässiga faktorer. Med avseende på detta blir således en hög fenotypisk plasticitet och genetisk variation en viktig del i en arts möjlighet till etablering i nya miljöer (Troost 2010).

Kolonisering och tillväxt

Det japanska ostronet följer en så kallad r-specialiserad livsstrategi som också gör arten till möjlig kolonisateur. Egenskaper som kännetecknar denna strategi är snabb tillväxt, tidig könsrodnad och hög fekunditet. (Sakai *et al.* 2001). Tillväxten av ostronen är snabb och har i den tyska delen av Vadehavet vid ön Sylt uppmätts till 8 cm efter två år. Det är något lägre jämfört med tillväxthastigheten hos ostronen i Japan och kan bero på lägre temperatur. Detta stärks ytterligare av att det japanska ostronet i Mexiko har en tillväxt på 10 cm redan det första året. I ostronpopulationerna i Sylt mättes ostronens längd till 4–5 cm första året (Diederich 2006). Redan första året kan könsrodnad uppnås ifall ostronet har nått en minimilängd på ungefär 5 cm. Som följd av en snabb tillväxthastighet kommer därför

könsmognaden tidigt. Då gynnsamma förhållanden råder kan reproduktion ske redan andra året (Heral & Deslous-Paoli 1991).

Den intertidala zonen är det japanska ostronets och många fastsittande musslors naturliga habitat. Denna miljö innebär föränderliga och ibland extrema förhållanden i form av uttorkning, osmotisk stress och syrebrist (Gosling 2003, Hamdoun *et al.* 2003). Dödlighet vid tidiga livs skeenden, på grund av oförutsägbara och svåra miljöer, har evolutionärt gynnat hög fekunditet och stor spridning av avkomman hos arten. Detta stämmer för fastsittande bivalver som sprider stora mängder larver vid fortplantningen varpå endast ett fåtal når vuxen ålder (Gosling 2003, Taris *et al.* 2006) Det japanska ostronet har dessutom hög fekunditet jämfört med andra bivalver. Ett japanskt ostron kan frisätta uppemot 50 miljoner ägg vilket kan jämföras med det europeiska ostronet som frisätter 0,2–0,7 miljoner ägg (Honkoop & van der Meer 1998, Troost 2010).

Generalist

Det japanska ostronet kan fungera i en rad olika förhållanden vilket deras utbredning världen över intygar (Miossec *et al.* 2009). Arten återfinns förutom i oceaniska förhållanden både i grunda vikar och i insjöar med bräckt vatten. Salthalten i vattnet kan ha ett medelvärde på 15 ‰ och sjunka så lågt som till 2 ‰ då ostronen stänger sig för att inte riskera skadlig osmos. Dock minskar det japanska ostronets tillväxt samt reproduktionsförmåga då salthalter understiger 20 ‰. Övre gränsen för ostronets salthaltstolerans är 45–50 ‰ vilken kan uppnås i saltvattenbassänger men den optimala salthalten ligger mellan 25 och 35 ‰ (Heral & Deslous-Paoli 1991, Wrangle *et al.* 2010).

Även med hänsyn till vattentemperaturer har det japanska ostronet visat sig tåla en bred variation. Dess utbredning i både Skandinavien (Wrangle *et al.* 2010) och i varmare vatten, som Kalifornien och Mexiko, pekar på detta (Diederich 2006). Ostronynglen har visat sig vara snävare i sin temperaturlöslighet än de vuxna ostronen och vara beroende av temperaturer mellan 17 och 32 °C för överlevnad (Rico-Villa *et al.* 2009). De vuxna individerna har däremot en högre tolerans då de klarar sig till och med vid snöbetäckning under vintern och ända upp emot 40 °C (Shamseldin *et al.* 1997, Diederich 2006).

Trots att de japanska ostronen kräver hårda substrat för att fästa har de ändå en bred tolerans för olika habitat. Klippor, stenar, trä, cementpelare, musslor och andra ostron fungerar alla bra som koloniseringsplats. Även sandbanker är möjliga koloniseringsplatser så länge det finns någon form av hårt substrat där som exempelvis blåmusselskal eller stenar. Detta leder till att få habitat begränsar deras kolonisering (Diederich *et al.* 2005, Diederich 2005a).

Fenotypisk plasticitet

Då det japanska ostronet är en generalist och en överlevare världen över så är det rimligt att anta att arten även har en hög fenotypisk plasticitet. Ett tydligt exempel på detta är det japanska ostronets plasticitet för värme som Hamdoun *et al.* (2003) visade i sitt försök där japanska ostron odlades på två olika nivåer i den intertidala zonen. Ostronen på den övre nivån befann sig närmre vattenytan och påverkades i större grad av tidvattnet än ostronen på den lägre nivån som i större utsträckning befann sig under vattnet. Detta ledde till att ostronen på den högre nivån utsattes för mer sol och således högre temperaturer än ostronen på den lägre nivån. Heat-shock protein, förkortat HSP och översätts värme-chocksprotein, är en grupp protein som aktiveras i syfte att minska denaturering av protein vid kraftiga värmeökningar (Clegg *et al.* 1998). I försöket, som Hamdoun *et al.* (2003) gjorde, visades tydligt att ostronen som utsattes för högre temperaturer hade en större mängd HSP på grund

av ändrat genetiskt uttryck. Denna förändring var i sin tur en följd av termal stress. Dessa ostron hade som effekt av detta en signifikant högre överlevnad, än ostronen på den lägre nivån, då samtliga utsattes för värmechocker på 44 °C (Hamdoun *et al.* 2003).

Det japanska ostronet verkar även ha en hög plasticitet beträffande överlevnad, tillväxt och reproduktion i förhållande till mängden föda. I ett försök där ostron fanns i två tankar med olika mängd föda demonstrerade Ernande *et al.* (2004) hur reproduktionen hade hög plasticitet och sjönk vid små mängder föda till förmån för överlevnad. Vid stora mängder föda begränsades ej reproduktionen vilket påvisade en resursberoende altermning för de båda egenskaperna och tyder på genetisk variation (Ernande *et al.* 2004).

Beträffande variationen på gälar och palper har stor plasticitet kunnat påvisas även där (Honkoop *et al.* 2003). Gälarna, vars uppgift är att ta in vatten och filtrera ut födopartiklar, och palperna, som transporterar dessa till ostronets mun, är båda centrala för med vilken hastighet föda kan tas upp (Ward *et al.* 1994). Gälarna och palperna har visat sig kunna både öka och minska i storlek och korrelation saknas därmed med massan på ostronet eller dess skullängd. Det japanska ostronet visade sig även kunna variera gälar respektive palper i olika hastigheter och således ändra förhållandet mellan dessa två. Dock är det ej bekräftat huruvida detta möjliggör optimering av gälar och palper till mängden föda. Samma tester gjordes även på det australiensiska ostronet (*Saccostrea glomerata*) vilket inte visade samma plasticitet. Detta kan tolkas som att det japanska ostronet har en fördel beträffande miljömässiga variationer gentemot det australiensiska ostronet och möjligen även andra filtrerare (Honkoop *et al.* 2003).

Revbyggare

Ovan nämnda invasiva egenskaper hos det japanska ostronet är sådana som är väsentliga för kolonisering och snabb expanderingsmen dessa stämmer i stora drag in på många arter i klassen musslor. En utmärkande egenskap som däremot inte finns hos dem, förutom hos vissa andra ostronarter, är skapandet av stora beständiga rev. Reven växer på bredden men även på höjden i och med att lager av nya ostron fäster på redan befintliga individer. På detta sätt skapas tredimensionella strukturer. Vid tillväxt av de juvenila ostronen fäster dessa nämligen starkt med närliggande ostron eller den befintliga yta de sitter på till en solid struktur (fig. 2) (Diederich 2005a, Fey *et al.* 2010, Troost 2010).

Vid stora kvantiteter av ostron antar nya individer en upprätt position varpå dessa då kan packas tätt. Det ena skalets nederdel fästs oftast till en angränsande hård yta. På grund av detta samt tätpackningen är ostronen starkt fastvuxna till omgivningen och saknar därför förmågan att förflytta sig (Kochmann *et al.* 2008, Fey *et al.* 2010). Som en följd av detta beteende skapas starka och tåliga strukturer. Reven blir beständiga på ett sätt som gör att även efter en massdöd står strukturen och de tomma ostronskalen kvar (Fey *et al.* 2010). Dessa rev kan sedan återkolonieras av yngel från närliggande ostron varpå de gamla reven försers ynglen dels med en lämplig skrovlig yta att fästa på och dels ett ökat skydd mot predation. På detta sätt har ostronens aggregering till rev en långsiktig aspekt som

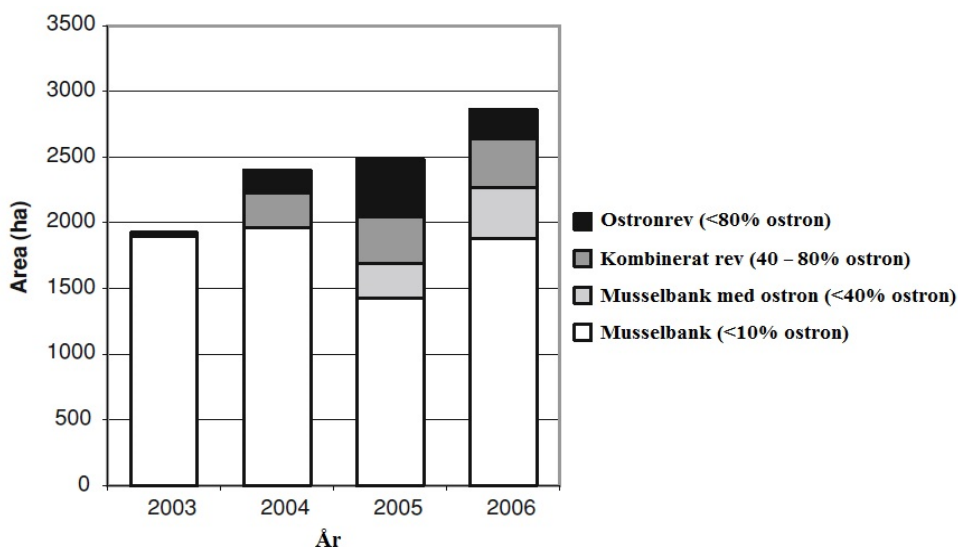


Figur 2. Formation av tredimensionella japanska ostronrev i Vadehavet. Inflikad bild visar ostronens upprätta position samt hur de fäster till varandra. Återgiven med tillåtelse av Diederich (2005b).

kan ge fördelar för senare generationer (Fey *et al.* 2010, Troost 2010).

Aggregeringen av ostron och bildandet av rev är en direkt effekt av att det japanska ostronet i högre utsträckning koloniserar sin egen art än andra ytor. Yngel som fäster på vuxna ostron har en större benägenhet att fastna samt har ett bättre skydd mot predation än de som fäster på andra ytor (Diederich 2005a). Detta leder till en positiv respons. Då vuxna ostron är närvarande gynnas koloniseringen av yngel på desamma vilket då leder till att reven växer som i sin tur genererar en ökad möjlighet till ny lyckad kolonisering. På detta sätt kan det japanska ostronet under gynnsamma förhållanden och i avsaknad av naturliga fiender snabbt komma att kraftigt breda ut sig efter en första ofta långsam kolonisering och etablering (Diederich 2005a, Fey *et al.* 2010). Detta har observerats bland annat i den holländska delen av Vadehavet. Där gick det japanska ostronet på bara tre–fyra år från att ha funnits endast på några små områden till att finnas spridda över en yta på nästan 1000 hektar (fig. 3). År 2006 uppskattades cirka en tredjedel av blåmusselbäddarna vara koloniserade av ostron (Fey *et al.* 2010).

Även i den tyska norra delen av Vadehavet, vid ön Sylt, har liknande observationer gjorts på ostronets utbredning. Där startade inplantering och odling av ostronen 1986 och fritt levande ostron har detekterats från 1995 och framåt. Ändå observerades endast små kvantiteter av vilda ostron ända fram till 2003 då en explosionsartad frammarsch ledde till ett medelvärde på 125,8 ostron per kvadratmeter blåmusselbädd. Något som kan jämföras med 3,7 individer per kvadratmeter bara fyra år tidigare (Diederich *et al.* 2005, Nehls *et al.* 2006). Liknande utveckling har också observerats i Oosterchelde, som är en grund bukt i södra Holland. Där introducerades ostronet 1964 varpå vilda populationer observerades för första gången 1975 och 1976. Från 1980-talet och framåt skedde sedan en explosionsartad utbredning liknande den beskriven i Sylt (Drinkwaard, 1998).



Figur 3. Det japanska ostronets utbredning på musselbankarna i holländska Vadehavet. Omarbetad efter Fey *et al.* (2010).

Den långsamma initiala etableringen kan till viss del förklaras av det låga antalet köns mogna vuxna eller av då rådande ogynnsamma förhållanden. Den skulle även kunna bero på hög dödlighet vid kolonisering och tillväxt av yngel. Detta kan dels bero på få möjliga hårda ytor att fästa på och dels på predation på yngel och juveniler. Båda dessa faktorer påverkan minskar tack vare ostronreven och skulle därför kunna vara en förklaring till den, efter hand,

snabba utbredningen som har observerats vid flertalet tillfällen längs den europeiska atlantkusten (Diederich *et al.* 2005).

Svenska förhållanden

Abiotiska faktorer

Den abiotiska faktorn som är avgörande för det japanska ostronets etablering i Sverige är främst temperaturen även om både salthalten och tidvattnet kan påverka. Skillnaderna i vattennivåer på den svenska västkusten är låga och den totala skillnaden mellan flod och ebb är endast 0,3–0,4 m (Strand *et al.* 2011). Detta skiljer sig stort från Vadehavet där vattennivån ändrar sig med hela 2 m liksom från de flesta andra platser där det japanska ostronet är etablerat. Etablering har även skett på platser med lägre tidvattenskillnader än i Vadehavet och ostron har observerats leva subtidalt i Danmark och Australien men detta har varit i mindre utsträckning (Sumner 1981, Diederich *et al.* 2005, Kristensen & Pihl 2006).

Salthalt

Salthalten längs den Svenska västkusten varierar då oceaniskt vatten med en salthalt på över 35 ‰ möter strömmar med bräckt vatten (6–8 ‰) från Östersjön. En salthalt på 10 ‰ brukar uppmätas i södra Kattegatt medan upp emot 30 ‰ uppmäts i norra Bohuslän. I Skagerrack, längs Bohuskusten, ligger salthalten vanligtvis mellan 23 och 30 ‰ även om variationer kan ske på grund av strömmar och vindar. Inga fysiska barriärer finns för det atlantiska vattnets strömning till den svenska västkusten (Naturvårdsverket 2006, SMHI 2013). Det japanska ostronet som har sin optimala salthalt mellan 25 och 35 ‰ (Heral & Deslous-Paoli 1991) och som anses behöva en promillehalt på över 20 ‰ ligger därför inom det salthaltsspann som råder på västkusten. Dock skulle det bräckta vattnet från Östersjön kunna vara en faktor som kan påverka det japanska ostronets utbredning söderut (Wrangle *et al.* 2010).

Temperatur

Ostronets tålighet mot kyla är kanske det som har ansetts vara det största hindret för det japanska ostronets utbredning norrut till Skandinavien. Dock har arten visat sig ha flera egenskaper som möjliggör utbredning i kalla vatten. Till att börja med har ostronet god filtreringsförmåga ända ner till 5 °C vilket kan jämföras med det, i Sverige infödda, europeiska ostronet vars födoupptag minskar redan vid 10 °C (Heral & Deslous-Paoli 1991). Sedan har vuxna ostron visat sig vara mycket tåliga mot kalla vintrar vilket Diederich (2006) observerar då ingen märkbar dödlighet kunde mätas under en femårsperiod. Detta trots att perioden innefattade den stränga vintern 2002/2003 då det i 37 dagar rådde temperaturer under 0 °C. Detta överensstämmer med tidigare observationer där 66 % av en ostronpopulation i Vadehavet överlevde trots en sträng vinter på över 60 dagar med temperaturer under 0 °C (Reise 1998).

Ostronynglen som till skillnad från de vuxna ostronen är beroende av temperaturer mellan 17 och 32 °C påverkar starkt utbredningen av det japanska ostronet (Rico-Villa *et al.* 2009). Optimal temperatur för frisättning av gameter och för kolonisering av yngel anses vara 23 °C. Frisättning av gameter har dock observerats vid så låga temperaturer som 18 °C i Storbritannien. Med detta i åtanke kan ostronets expansion i norra Europa relateras till gynnsamma temperaturförhållanden vid förökning. Vid observationer under en 18-årsperiod vid Sylt noterades bara tydlig förökning av det japanska ostronet under sex av dessa år. Temperaturen var under juli och augusti, dessa år, tydligt högre än medeltemperaturen på 18,2 °C som vanligtvis råder. (Diederich *et al.* 2005). I holländska Oosterschelde kunde stor reproduktion kopplas till varma somrar med temperaturer över 20 °C under juli och augusti

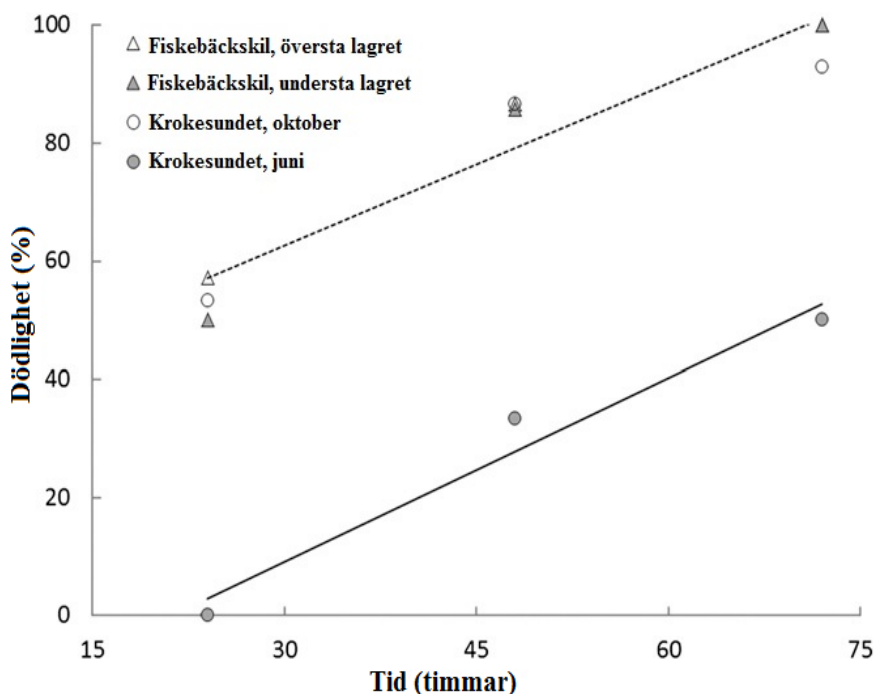
(Drinkwaard 1998). Samma mönster har setts längs den svenska västkusten där en kolonisering av ostronet observerades 2007 troligen till följd av en ovanligt varm sommar 2006, med temperaturer över 20 °C under större delen av dessa månader (Wrange *et al.* 2010, SMHI 2013). På grund av det japanska ostronets höga överlevnad även under stränga vintrar samt dess behov av varma somrar för fortplantning är det rimligt att anta att dess fortplantning och expansion kommer ske i vågor i väntan på gynnsamma, varma somrar (Diederich *et al.* 2005)

I Skagerrack, tillika svenska västkusten, sträcker sig vattentemperaturen mellan -1 och 20 °C där ovanliga fall av temperaturer uppemot 24 °C har observerats. Lufttemperaturen ligger mellan -12 och 30 °C. Vanligtvis ligger ytvattentemperaturen runt 20 °C, eller strax under, i juli och augusti då den högsta temperaturen nås. Under sommaren 2006 uppmättes vid en mätstation på Släggö utanför Lysekil ytvattentemperaturer på över 20 °C under stora delar av dessa två månader. Som mest uppmättes här temperaturer runt 22 °C. Mätningarna gjordes på öppet vatten och högre temperaturer ses i grunda bukter och vikar. Både året före och efter visar lägre temperaturer men under flertalet somrar under 2000-talet har temperaturen överstigit den nödvändiga gränsen på under 20 °C (Strand *et al.* 2012, SMHI 2013). I en kartläggning av artens temperaturberoende visar Carrasco och Barón (2010) att ostronet klarar sig utan problem då yttemperaturer befinner sig inom -2 till 29 °C samt lufttemperaturer mellan -23 och 31 °C även om fortplantning inte sker.

Sedan det observerade intåget av det japanska ostronet på västkusten 2006 uppskattas inte mer än 10 % av populationen ha minskat på grund av vinterdödlighet under den följande vintern. Detta stärker teorin om att kylan inte är ett hinder för artens utbredning i Sverige (Strand *et al.* 2012). Observationer gjordes efter vintern 2009/2010 av Strand *et al.* (2012) för att se effekten på populationen japanska ostron efter en mycket sträng vinter. Vintern 2009/2010 var nämligen mycket kall med en medeltemperatur 5–6 °C lägre än normalt. Dessutom var snö- och isbeläggningen den största på 15 år. Längs den svenska västkusten observerades efter vintern en medelpopulationsminskning på 87 %. Stora skillnader i individantal kunde även mätas mellan de olika observationsplatserna. Främst minskade populationerna av ostron som satt nära vattenytan medan de som satt djupare överlag hade en högre överlevnad. Detta beror troligen på större påverkan från is samt högre grad av exponering för den lägre lufttemperaturen vid kolonisering närmare ytan. Även andra faktorer som exempelvis strömmar eller befästningsytor kan ha bidragit till skillnader mellan de olika observationsplatserna. I samma studie mättes även vinterdödligheten i Norge och Danmark där Danmark visade upp en klart mindre populationsminskning på 25 %. Då Danmark är beläget sydligare än Sverige med högre vatten- och lufttemperatur är detta rimligt. Norges populationsminskning på 55 % går även den att koppla till en högre medeltemperatur än Sveriges det året (Strand *et al.* 2012).

Strand *et al.* (2011) genomförde även ett försök på japanska ostron, plockade från två platser på västkusten, för att testa artens köldtolerans. Försöket gick till så att 45 ostron, i storleken 6–10 cm samlades in i juni vid Krokesundet och förvarades i ett mörkt rum med liten mängd föda och en vattentemperatur på cirka 2 °C lägre än ytvattentemperaturen i havet. På detta sätt förvarades de till oktober då 45 nya ostron från samma plats och två grupper om 45 ostron vardera från Fiskebäckskil samlades in. Alla dessa senare plockade ostron var i storleken 10–15 cm. Alla ostron togs på ungefär samma djup men av de 90 ostronen i Fiskebäckskil plockades hälften från det övre lagret av revet och hälften från lagret under. Ostronen utsattes sedan för kyla i form av -22 °C och dödligheten i procent mättes efter 24, 42 och 72 timmar, vilket visas i figur 4.

Gruppen ostron som fångades i juni hade en signifikant lägre mortalitet vid köldpåverkan än de övriga grupperna. Påverkan som denna grupp hade blivit utsatt för simulerar förhållandena som gäller när det går mot vinter. Denna grupp kan därför ha acklimatiserat sig till kallare förhållande på grund av den yttre fysiologiska stress som de har blivit utsatta för. Det faktum



Figur 4. Det japanska ostronets dödlighet vid exponering för -22 °C över tid. Gruppen ostron plockade i Krokesundet i juni har inför försöket i oktober fått tillväxa, till övriga ostrons storlek, under fysiologisk stress efterliknandes vinterförhållanden. Detta innebär cirka två grader kallare vatten än i havet, liten mängd föda samt låg andel ljus. Omarbetad efter Strand *et al.* (2011).

att dessa ostron vid plockningstillfället var mindre i storlek och därför under tillväxten levde i dessa vinterlika förhållanden kan ytterligare ha bidragit till acklimatiseringen. Den fysiologiska stressen kan ha lett till en omställning till vinterförhållande i större utsträckning än hos övriga ostron vilket kan ha gjort dessa mer förberedda för en köldattack. I försöket konstateras en tydlig trend i att utsättande för kallare temperaturer och vinterlika förhållande ökar ostronens tålighet mot kyla (Strand *et al.* 2011).

Strand *et al.* (2011) drar även paralleller till tidigare studier av det japanska ostronet och dess köldtålighet. I dessa försök har 100 % dödlighet observerats redan efter 6 timmars exponering för -18 °C hos ostronen. Strand *et al.* (2011) har i sitt försök en klart högre överlevnad hos ostronen trots den lägre kylan på -22 °C och längre exponering. Särskilt gruppen ostron som har utsatts för fysiologisk stress innan försöket uppvisar en stor köldtolerans vilket Strand *et al.* (2011) menar kan vara ett prov på en redan nu pågående adaptation av den svenska populationen japanska ostron.

Biotiska faktorer

Naturliga fiender

Bristen på naturliga fiender är en starkt bidragande anledning till att en art blir invasiv och det japanska ostronet utsätts för lågt predationstryck i norra Europa i dagsläget. Blötdjur i allmänhet, och blåmusslan i synnerhet, är en vanlig föda för många arter vid kusten.

Strandkrabban (*Carcinus maenas*) och sjöstjärnan (*Asteria rubens*) är två arter som predatorer på blötdjur vilket även fåglar i familjen måsfåglar (*Larinae*), strandskator (*Haematopus ostralegus*) och ejdrar (*Somateria mollissima*) gör. I mindre utsträckning, och enbart beträffande predation av yngel, gör även plattfiskar, exempelvis rödspätta (*Pleuronectes platessa*) och skrubbskädda (*Platichthys flesus*) detta (Diederich 2005b, Scheiffarth *et al.* 2007).

Framförallt strandkrabban, men även sjöstjärnan, står för den stora predationen av yngel och juveniler hos det japanska ostronet i norra Europa. Mortaliteten hos yngel, på grund av predation från krabbor, har dock visat sig minska med komplexiteten på ostronrevet. Strukturen hos ostronens aggregering ger alltså skydd och minskar åtkomsten för bottenlevande predatorer (Grabowski 2004). Detta stärks av Diederichs (2005b) försök då ingen signifikant predation av sjöstjärnor eller strandkrabbor på ostronyngel eller juveniler, observerades. Dessutom har försök, både laborativa och i fält, visat att både sjöstjärnan och strandkrabban i första hand väljer att predatora på blåmusslan före det japanska ostronet då deras skal är lika stora. Även utan blåmusslans närvaro tog det nästan två veckor innan sjöstjärnan började predatora på ostronet. Detta trots att större sjöstjärnor och strandkrabbor har visat sig kunna öppna mindre ostron under 6–8 cm respektive 4 cm (Diederich 2005b).

Revens struktur samt ostronens starka fästning till varandra ger skydd mot predation från fåglar, då detta sker i lägre utsträckning än hos andra musslor och blötdjur (Reise 1978, Scheiffarth *et al.* 2007). Gråtruten (*Larus argentatus*) samt strandskatan är de enda fåglarna i Vadehavet som har observerats predatora på ostronen. I dagsläget sker det dock i relativt liten utsträckning och endast när ostronen är mindre än 10 cm långa (Scheiffarth *et al.* 2007, Fey *et al.* 2010). Större ostron har visat sig för tåliga och svåröppnade då fåglarna först rycker loss ostronen från reven och sedan släpper dem från hög höjd mot till exempel en klippa (Troost 2010). Strandskatan och gråtruten i Vadehavet har, i liten utsträckning, observerats öppna ostronen med näbben (Scheiffarth *et al.* 2007) vilket är något som de amerikanska klippstrandskatorna (*Haematopus bachman*) har lärt sig göra. Dessa har visat sig predatora på ostron med skallängder ända upp emot 16 cm tack vare tekniken att öppna dessa (Butler & Kirbyson 1979).

Konkurrens om föda och plats

I Vadehavet har det japanska ostronet koloniserat blåmusselbäddar (*Mytilus edulis*) i brist på hårda ytor att fästa på. I och med detta kan nu ostron hittas på många musselbäddar och vissa håller på att helt tas över och istället förvandlas till ostronrev (Diederich 2006, Drinkwaard 1998, Nehls *et al.* 2006). Båda dessa arter är bottenlevande filtrerare, påverkar ekosystem på liknande sätt och de befäster ungefär samma habitat varför blåmusslan är det japanska ostronets främsta konkurrent i norra Europa. Konkurrens om både yta och föda mellan arterna har observerats och är att förvänta även i Sverige (Nehls *et al.* 2006, Eschweiler & Christensen 2011).

Precis som det japanska ostronet återfinns blåmusslan mestadels intertidalt men kan även finnas i mindre antal subtidalt. Utsattheten för större predation subtidalt är troligen anledningen till denna fördelning (Diederich 2005a). Till skillnad från det japanska ostronet som befäster andra ostron hellre än andra arter med skal så visar blåmusslan ingen preferens i detta avseende. Detta tillsammans med ostronens initiala fästning på blåmusslor, i avsaknad av andra hårda ytor, kan leda till täta rev med förväntat hög konkurrens. Blåmusslan växer till 1–3 cm första året och når efter tre till fyra år sin fulla längd av 5–7 cm. Jämfört med det japanska ostronet, som bara efter två år är över 7 cm och når en full längd på uppemot 30 cm, är blåmusslan avsevärt mindre. Denna storlekskillnad kan komma att påverka konkurrenskraften om föda. Vid jämförelse av mängden filtrerat vatten har en blåmussla på 5–7 cm en filtreringskapacitet på tre liter per timma medan ett japanskt ostron på 9–10 cm filtrerar 30 liter vatten på samma tid. Denna markanta skillnad skulle kunna komma att påverka födoupptaget vid konkurrens om föda, exempelvis vid hög kvantitet av musslor och ostron (Diederich 2005a, 2006). Dock har det japanska ostronet och blåmusslan visat sig skilja sig något i födoupptag. Vid ett försök där en alglösning, innehållande tre alger,

tillfördes avvisade de två arterna två av algerna i olika grad. Försöket visade även upp ett lika stort upptag av algen *Tetraselmis suecica* mellan de båda arterna varför konkurrens är att vänta beträffande denna alg. Detta var även den alg som i störst utsträckning togs upp av arterna (Bougrier *et al.* 1997).

Omkring en tredjedel av blåmusselbäddarna i Vadehavet uppskattades 2006 vara koloniserade av det japanska ostronet (fig. 3). En total omvandling till ostronrev har observerats vid flertalet platser däribland vissa musselbäddar vid ön Sylt (Diederich *et al.* 2005, Fey *et al.* 2010), som nämnts ovan. På grund av sin större storlek och snabba tillväxt utnyttjar det japanska ostronet ytor mycket effektivt och snabbt. Dessutom uppnår det japanska ostronet vuxen ålder i högre utsträckning än blåmusslan. Dessa effekter kan alla ha bidragit till den observerade ombildningen från blåmusselbäddar till ostronrev i Vadehavet (Diederich 2006).

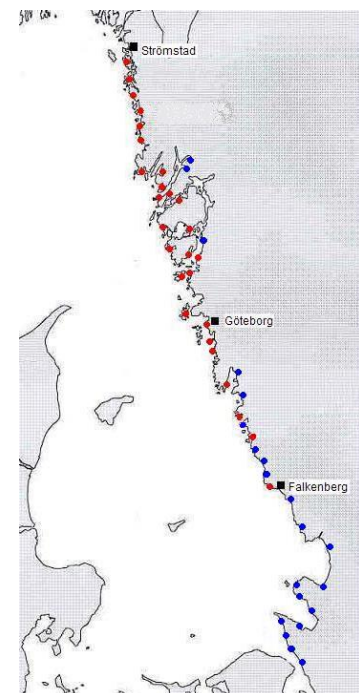
Blåmusslorna som fäster till ytor via byssus, som är kitinliknande proteintrådar, är mer rörliga än japanska ostron och kan med hjälp av skapandet av nya byssus fästa till andra platser och omlokalisera sig. Detta är något som gör blåmusslor rörligare men inte lika tåliga mot isrubbnings eller strömmar som ostronreven (Diederich 2006, Kochmann *et al.* 2008).

Blåmusselpopulationer har en tendens att öka efter en sträng vinter trots en hög vinterdödlighet. Detta beror troligen på att en sträng vinter leder till längre tid innan bottenlevande predatorer intar den intertidala zonen. Som en följd av detta har stora blåmusselpopulationer visat sig gå i cykler följandes kalla vintrar (Nehls *et al.* 2006).

Utbredning i Sverige

Under sommaren 2007 observerades populationer av det japanska ostronet på den svenska västkusten, i första hand från allmänheten. En kartläggning genomfördes av Wrangle *et al.* (2010) under hösten 2007 och sommaren 2008 (fig. 5). De observerade 68 platser från norra Bohuslän ända ner till Skåne. Varje observationsplats innefattade någon del med hård yta, var cirka 100 m² stor och djupet låg på mellan 0 och 2 m. Det japanska ostronet observerades på 6 av 25 platser söder om Göteborg. Norr om Göteborg fanns ostronet på 31 av 43 undersökta platser. Falkenberg var den sydligast belägna platsen där ostron observerades. Platserna där ostron ej observerades saknade oftast hårda ytor eller hade en salthalt under 20 % (Wrangle *et al.* 2010).

Vid undersökningarna gjordes även kvantitativa uppskattningar av densiteten ostron vid de olika platserna. Högst densitet observerades i Bohuslän på grunda musselbanker. Åtta av de observerade platserna hade ostronpopulationer på över 150 individer och 13 platser hade 30–150 ostron. På tre ställen observerades revformationer. Ostronen kunde även kategoriseras i två tydliga storleksklasser på antingen 6–7 cm eller 3–5 cm (Wrangle 2008, Wrangle *et al.* 2010). Få ytterligare kartläggningar över det japanska ostronets spridning har gjorts men med forskare inom området samt allmänhetens observationer uppskattas det japanska ostronet



Figur 5. Förekomst av det japanska ostronet längs den svenska västkusten. Röd prick visar på observerat ostron och blå på avsaknad. Kartan visar ej alla observerade platser. Omarbetad efter Wrangle (2008).

ha observerats på över 200 platser längs västkusten varav en majoritet finns i norra Bohuslän (Wrangle 2008, Strand *et al.* 2011).

Diskussion

Mycket pekar på att det japanska ostronet är här för att stanna. Arten är en habitatgeneralist som dessutom har en stor fenotypisk plasticitet och adaptation. Vid etablering har den visat sig ha en förmåga att tillväxa snabbt i populationsstorlek, vara en effektiv kolonisationsart samt en stark konkurrent till många infödda arter. Orsakerna till detta är det japanska ostronets formering av tåliga rev, höga filtreringsförmåga, storlek samt stora reproduktionsförmåga.

Abiotiska hinder

Att det japanska ostronets närvaro på västkusten skulle leda till en etablering av det slag som har observerats i bland annat Holland och Tyskland är ändå inte självklart. Förhållandena som råder i Sverige är annorlunda jämfört med många andra länder där etablering tidigare har skett. Kallare klimat och i princip inget tidvatten är kanske de två främsta faktorerna som skulle kunna förhindra eller minska en etablering. Att salthalten varierar längs västkusten verkar minska förekomsten av ostron söderut (Wrangle *et al.* 2010) men då arten har en stor tålighet mot varierande salthalter (Heral & Deslous-Paoli 1991) torde detta inte påverka dess etablering i Bohuslän där salthalten ligger över 20 ‰.

Reproduktion

Lyckad reproduktion hos det japanska ostronet har i norra Europa visat sig ske i första hand då vattentemperaturer överstiger 20 °C. Somrar då denna temperatur ej har uppnåtts sker lyckad reproduktion i mindre eller ingen utsträckning (Drinkwaard 1998, Diederich *et al.* 2005). Det japanska ostronet bidar alltså sin tid under kalla somrar och Diederich (2005b) menar att ostronets fortsatta utbredning i Vadehavet kommer att ske i cykler i väntan på gynnsamma sommartemperaturer. Samma förutsägelse kan nog göras om dess reproduktion och eventuella utbredning i Sverige. Rätt temperaturförhållanden för reproduktion har observerats flertalet år under 2000-talet (SMHI 2013). Ifall temperaturer för reproduktion vore den enda parametern skulle därför en liknande utbredning som i Vadehavet vara möjlig. Dock skulle reproduktion med all sannolikhet följa samma cykel som observerats där och med största sannolikhet inte ske varje sommar. Det japanska ostronets höga fenotypiska plasticitet beträffande reproduktion och överlevnad (Ernande *et al.* 2004) borde öka möjligheten att begränsa reproduktion och satsa på överlevnad under flera år för att energioptimera och sedan kunna använda stora resurser när goda förhållanden ges. Detta kan bidra till att den periodiska reproduktion som förväntas ske i Sverige ändå är mycket möjlig och kan bli omfattande.

Att tillväxten verkar ske långsammare i Vadehavet än i varmare vatten samt det faktum att det japanska ostronet endast blir runt 20 cm (Diederich 2006) kan bero på den lägre vattentemperaturen i norra Europa. I Sverige skulle de ännu kallare förhållandena ytterligare kunna leda till minskad tillväxthastighet, något som skulle tala emot en lika snabb och explosionsartad utbredning som i Vadehavet.

Stränga vintrar

Stränga vintrar som den 2009/2010 skulle kunna hejda en etablering. Den häpnadsväckande tåligheten mot kyla hos ostronen på västkusten motsäger dock detta. Denna köldtolerans kan vara en indikation på att genetisk selektion och adaptation hos arten redan har skett och håller på att ske (Strand *et al.* 2011). Utsatthet för fysiologisk stress i form av stark kyla leder till ett hårt selektionstryck. Köldtåliga individer kommer ha högre evolutionär fitness och kalla

vintrar kan som en effekt av detta komma att generera en högre köldtolerans hos populationen i stort. Ostronens fenotypiska plasticitet och höga grad av acklimatisering till kyla (Strand *et al.* 2011) i kombination med eventuell adaptation, samt det faktum att individer ändå överlevde vintern 2009/2010, pekar på att arten sannolikt överlever även kalla svenska vintrar i framtiden. På så sätt kan troligen kallt klimat avfärdas som en definitiv barriär även om det borde ha en begränsande effekt på ostronets utbredning och vara en avgörande aspekt med hänsyn till i vilken utsträckning och hastighet en spridning skulle ske.

Tidvattnet

Det intertidalt levande ostronet kan få svårare att etablera sig längs västkusten jämfört med Vadehavet då tidvattenzonen är mycket mindre i Sverige. Även om ostronet kan kolonisera subtidalt så blir predationen på yngel och ostronjuveniler större (Diederich 2005a). Dock borde samma omständigheter i så fall råda på västkusten för blåmusslan som även den främst lever intertidalt, men bevisligen klarar sig. Det kan tyckas att det japanska ostronet också borde klara den lilla tidvattenzonen även om detta kan leda till ett större hinder än tidigare koloniseringar. En utbredning kan tänkas ske långsammare och i mindre utsträckning på grund av detta. En fördel med liten tidvattenzon skulle dock kunna vara att utsattheten för de kalla lufttemperaturerna minskar då ostronen tillbringar en större del av tiden under vattenytan. Överlevande ostron efter vintern 2009/2010 återfanns i klart större kvantiteter subtidalt (Strand *et al.* 2012). Då den bohusländska västkusten till stor del består av klippor och stenar borde där finnas gott om lämpliga ytor att fästa på för det japanska ostronet. Där kan faktiskt ses en fördel jämfört med koloniseringen i Vadehavet som var tvungen att ske på blåmusslor i stor utsträckning. Bohuskusten kan erbjuda mycket fler möjliga koloniseringsplatser, vilket borde gynna en etablering av det japanska ostronet.

Biotiska hinder

Låg predation

Det japanska ostronet kommer troligen utsättas för låg predation i Sverige, precis som i Vadehavet (Diederich 2005b, Scheiffarth *et al.* 2007), vilket är det som kanske mest talar för en etablering av arten. Strandkrabbans och sjöstjärnans predation på både yngel, juveniler och adulta ostron sker i lägre utsträckning än på blåmusslan (Diederich 2005b). Det talar för att ökad predation, till följd av en mindre tidvattenzon, kanske ändå inte påverkar det japanska ostronet i särskilt stor utsträckning. Att strandkrabban, sjöstjärnan samt några fåglar ändå kan predatera på ostronet öppnar upp för att dessa skulle kunna lära sig att livnära sig på det i högre utsträckning (Diederich 2005b, Scheiffarth *et al.* 2007) i framtiden. Detta är något som skulle kunna påverka och minska ostronets utbredning i högre utsträckning framöver. I dagsläget borde den låga predationen på ostronet ge den en möjlighet till relativ ohotad utbredning på svenska västkusten. Detta blir extra viktigt då reproduktion troligen inte kommer att ske varje år. Avsaknaden av predatorer gör att ostronen får möjligheten att invänta gynnsamma väderförhållanden. Många på varandra följande somrar utan reproduktion hade, ifall arten haft naturliga fiender, troligen lett till utrotning i Sverige. Så avsaknaden av naturliga fiender är en mycket stor del i en etablering som även skulle kunna möjliggöra att temperaturmässiga problem kan övervinnas.

Den låga predationen på det japanska ostronet samt dess höga överlevnad verkar till viss del vara en effekt av storleken på skalen och bildandet av rev (Diederich 2005b, 2006, Fey *et al.* 2010). Det sistnämnda, som har observerats på tre ställen på västkusten (Wrange *et al.* 2010), kan vara början på en kraftig etablering av arten i Sverige. Reven, som tidigare har haft en starkt positiv effekt på fortsatt kolonisering, skulle enligt Fey *et al.* (2010) kunna innebära en explosionsartad utbredning efter en långsam initial kolonisering. De hållbara reven, vilka även

har setts underlätta återkolonisation (Troost 2010), skulle nämligen kunna göra att ostronpopulationerna återhämtar sig även efter en svår massdöd såsom vintern 2009/2010. På grund av detta leder reven till att en kolonisering och utbredning skulle kunna underlättas och framöver ske fort samt att populationen blir bättre rustad vid en eventuell massdöd. Därför blir revens förekomst en tydlig signal på att en etablering och stundande utbredning är att vänta. Revens tålighet mot isrubbingar (Diederich 2006) är något som kan göra att dessa står kvar också efter en sträng vinter. Detta i kombination med ökad möjlighet till återkolonisation är ytterligare aspekter som talar för att det japanska ostronet har egenskaper som möjliggör fortlevnad även i kalla klimat med stränga vintrar.

Konkurrens med blåmusslan

Beträffande konkurrensen med blåmusslan så verkar det japanska ostronet ha ett övertag på de flesta punkter. Lägre predation på ostronet jämfört med blåmusslan är en viktig del (Diederich 2005b, Scheiffarth *et al.* 2007). Högre filtreringskapacitet, snabbare tillväxthastighet samt större storlek är andra som alla talar till ostronets fördel (Diederich 2005a, 2006). I konkurrensen om yta och föda ter sig blåmusslans närvaro därför inte utgöra ett hinder för en eventuell etablering i svenska vatten. Att populationen blåmusslor ökar kraftigt efter en sträng vinter (Nehls *et al.* 2006) är ändå en faktor som kan komma att få betydelse. Eftersom det japanska ostronet har uppvisat en hög vinterdödlighet (Strand *et al.* 2012) skulle stränga vintrar tydligt gynna blåmusslan. Att kalla vintrar kan komma att hejda en etablering eller utbredning av det japanska ostronet är därför inte otänkbart. Trots ett fysiologiskt övertag för ostronet så råder fortfarande konkurrens om föda och habitat arterna emellan (Bougrier *et al.* 1997, Diederich 2006, Nehls *et al.* 2006). Flertalet kalla vintrar på rad skulle ge större blåmusselpopulationer. Detta skulle kunna begränsa koloniseringsytor samt födotillgången för ostronen som då kan tänkas minska i populationsstorlek. På grund av det japanska ostronets möjlighet till kolonisering på just blåmusslor (Diederich 2005a) blir konkurrensen om ytor troligen ändå inte något avgörande. På motsvarande sätt som blåmusslan kommer att gynnas av kalla vintrar gynnas det japanska ostronet av varma somrar.

Avslutningsvis

Det japanska ostronet gynnas av varma somrar och milda vintrar medan det för blåmusslan råder det omvända förhållandet (Diederich *et al.* 2005). Effekten av detta blir att populationsstorlekarna arterna emellan kommer minska respektive öka beroende på hur kalla vintrarna och varma somrarna blir (Diederich 2005b, Nehls *et al.* 2006). Med det i åtanke kan jordens stigande temperaturer, på grund av växthuseffekten, komma att bli till det japanska ostronets fördel. Nehls *et al.* (2006) menar på att ostronets utbredning i Vadehavet och norrut mot Skandinavien är i första hand en effekt av växthuseffekten och ett varmare klimat. I Sverige har varje år efter 1988, utom två, varit varmare än tidigare rådande genomsnitt (SMHI 2013). Denna utveckling kan vara det som har möjliggjort det japanska ostronets närvaro i Sverige. En fara med det japanska ostronet är dess snabba utbredning ifall gynnsamma förhållanden ges. Därför skulle en första trevande etablering tillsammans med ett par gynnsamma år kunna få effekten att arten börjar dominera längs Bohusläns kust.

Det mesta pekar på att det japanska ostronet redan är och i allt högre utsträckning kommer bli en påverkande faktor på den svenska västkusten i framtiden. Vilka effekterna av detta skulle kunna bli, på den befintliga marina artdiversiteten och ekosystemen, är till viss del kopplat till graden av utbredning och är i dagsläget svåra att förutse. Hur blåmusslan och andra bottenlevande djur och växter på västkusten skulle påverkas av ostronet och dess habitatförändrande revs utbredning skulle kunna vara spännande frågor för ytterligare forskning att finna svar på. I vilken utsträckning utbredningen kommer ske är osäkert då

klimatet här, i form av kyla och lågt tidvatten, skulle kunna stå för större begränsningar än vad som har varit fallet vid tidigare etableringar längre söderut. Detta skulle troligen innebära att det inte kommer ske en lika explosiv utbredning här som i exempelvis Vadehavet. Ändå kan det sägas att det japanska ostronet med största sannolikhet kommer etablera och sprida sig samt att vädermässiga förhållanden de närmsta åren blir en avgörande faktor i vilken utsträckning detta kommer ske. Fortsatt varmare klimat kommer definitivt tala för artens fortlevnad och utbredning.

Tack

Vill tacka Anders Ödeen för värdefull handledning och Axel Spaxes, Johanna Sundqvist, Sofie Svanholm samt Viveka Törnqvist för givande återkoppling.

Referenser

- Bax N, Williamson A, Agüero M, Gonzalez E, Geeves W. 2003. Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity. *Marine Policy* **27**: 313–323.
- Bougrier S, Hawkins A, Heral M. 1997. Preingestive selection of different microalgal mixtures in *Crassostrea gigas* and *Mytilus edulis*, analysed by flow cytometry. *Aquaculture* **150**: 123–134.
- Buroker NE. 1985. Evolutionary patterns in the family ostreidae-larviparity versus oviparity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. **90**: 233–247.
- Butler RW, Kirbyson JW. 1979. Oyster predation by the black oystercatcher in British Columbia. *The Condor* **81**: 433–435.
- Carlton J, Geller J. 1993. Ecological roulette: the global transport of non-indigenous marine organisms. *Science* **261**: 78–82.
- Carrasco MF, Barón PJ. 2010. Analysis of the potential geographic range of the pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) based on surface seawater temperature satellite data and climate charts: the coast of South America as a study case. *Biological Invasions* **12**: 2597–2607.
- Clegg JS, Uhlinger KR, Jackson SA, Cherr GN, Rifkin E. 1998. Induced thermotolerance and the heat shock protein-70 family in the pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Molecular Marine Biology and Biotechnology* **7**: 21–30.
- Diederich S. 2005a. Differential recruitment of introduced pacific oysters and native mussels at the North Sea coast: coexistence possible? *Journal of Sea Research* **53**: 269–281.
- Diederich S. 2005b. Invasion of pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in the Wadden Sea: competitive advantage over native mussels, ss. 99–143. Doktorsavhandling, Kiel Universitet, Kiel.
- Diederich S. 2006. High survival and growth rates of introduced pacific oysters may cause restrictions on habitat use by native mussels in the Wadden Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **328**: 211–227.
- Diederich S, Nehls G, Beusekom JEE, van Reise K. 2005. Introduced pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in the northern Wadden Sea: invasion accelerated by warm summers? *Helgoland Marine Research* **59**: 97–106.
- Drinkwaard AC. 1998. Introductions and developments of oysters in the North Sea area: a review. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* **52**: 301–308.
- Ernande B, Boudry P, Clobert J, Haure J. 2004. Plasticity in resource allocation based life history traits in the pacific oyster, *Crassostrea gigas*. I. Spatial variation in food abundance. *Journal of Evolutionary Biology* **17**: 342–356.
- Fey F, Dankers N, Steenbergen J, Goudswaard K. 2010. Development and distribution of the

- non-indigenous pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in the dutch Wadden Sea. *Aquaculture International* **18**: 45–59.
- Food and Agriculture Organization of United Nations. 2009. FAO Yearbook: Fishery and aquatic statistics, A-4, B-53. WWW-dokument: ftp://ftp.fao.org/FI/CDrom/CD_yearbook_2009/navigation/index_content_aquaculture_e.htm. Hämtad 2013-11-3.
- Gosling E. 2003. Bivalve molluscs: biology, ecology and culture, ss. 131–161. 1:a uppl. Blackwell Publishing, Oxford.
- Grabowski JH. 2004. Habitat complexity disrupts predator–prey interactions but not the trophic cascade on oyster reefs. *Ecology* **85**: 995–1004.
- Grizel H, Héral M. 1991. Introduction into France of the japanese oyster (*Crassostrea gigas*). *Journal du Conseil: ICES Journal of Marine Science* **47**: 399–403.
- Gutierrez JL, Jones CG, Strayer DL, Iribarne OO. 2003. Mollusks as ecosystem engineers: the role of shell production in aquatic habitats. *Oikos* **101**: 79–90.
- Hamdoun AM, Cheney DP, Cherr GN. 2003. Phenotypic plasticity of HSP70 and HSP70 gene expression in the pacific oyster (*Crassostrea gigas*): implications for thermal limits and induction of thermal tolerance. *The Biological Bulletin* **205**: 160–169.
- Héral M, Deslous-Paoli J-M. 1991. Oyster culture in European countries. I: Menzel W (red.). *Estuarine and marine bivalve mollusk culture*, ss. 154–190. Boca Raton, Florida.
- Honkoop PJC, Bayne BL, Drent J. 2003. Flexibility of size of gills and palps in the sydney rock oyster *Saccostrea glomerata* (Gould, 1850) and the pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **282**: 113–133.
- Honkoop PJC, van der Meer J. 1998. Experimentally induced effects of water temperature and immersion time on reproductive output of bivalves in the Wadden Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **220**: 227–246.
- Jørgensen CB. 1990. Bivalve filter feeding: hydrodynamics, bioenergetics, physiology and ecology, ss. 3–4. 1:a uppl. Olsen & Olsen, Fredensborg.
- Kochmann J, Buschbaum C, Volkenborn N, Reise K. 2008. Shift from native mussels to alien oysters: differential effects of ecosystem engineers. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **364**: 1–10.
- Kristensen PS, Pihl NJ. 2006. Blåmuslinge- og stillehavsøstersbestanden i det danske Vadehav efteråret 2006. Rapport 167–07, Danmarks Fiskeriundersøgelser.
- Miossec L, Le Deuff R-M, Gouilletquer P. 2009. Alien species alert: *Crassostrea gigas* (pacific oyster). *ICES Cooperative Research Report* **299**.
- Nationalencyklopedin. 2013. Sökord intertidal. WWW-dokument: <http://www.ne.se/sok?q=intertidal>. Hämtad 2013-11-15.
- Nationalencyklopedin. 2013. Sökord Vadehavet. WWW-dokument: <http://www.ne.se/vadehavet>. Hämtad 2013-12-01.
- Naylor RL, Williams SL, Strong DR. 2001. Aquaculture: a gateway for exotic species. *Science* **294**: 1655–1656.
- Nehls G, Diederich S, Thielges DW, Strasser M. 2006. Wadden Sea mussel beds invaded by oysters and slipper limpets: competition or climate control? *Helgoland Marine Research* **60**: 135–143.
- Reise K. 1978. Experiments on epibenthic predation in the Wadden Sea. *Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen* **31**: 55–101.
- Reise K. 1998. Pacific oysters invade mussel beds in the european Wadden Sea. *Senckenbergiana maritime* **28**: 167–175.
- Rico-Villa B, Pouvreau S, Robert R. 2009. Influence of food density and temperature on ingestion, growth and settlement of pacific oyster larvae, *Crassostrea gigas*. *Aquaculture* **287**: 395–401.

- Ruesink JL, Lenihan HS, Trimble AC, Heiman KW, Micheli F, Byers JE, Kay MC, 2005. Introduction of non-native oysters: ecosystem effects and restoration implications. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **36**: 643–689.
- Sakai AK, Allendorf FW, Holt JS, Lodge DM, Molofsky J. 2001. The population biology of invasive species. *Annual Review of Ecology and Systematics* **32**: 305–332.
- Sandlund OT, Schei PJ, Viken Å. 2001. Invasive species and biodiversity management, ss. 1–5, 195–212. 1:a uppl. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Scheiffarth G, Ens B, Schmidt A. 2007. What will happen to birds when pacific oysters take over the mussel beds in the Wadden Sea? *Wadden Sea Newsletter* **1**: 10–14.
- Shamseldin A, Clegg JS, Friedman CS, Cherr GN, Pillai M. 1997. Induced thermotolerance in the pacific oyster, *Crassostrea Gigas*. *Journal of Shellfish Research* **16**: 487–489.
- Shiganova TA. 1998. Invasion of the Black Sea by the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* and recent changes in pelagic community structure. *Fisheries Oceanography* **7**: 305–310.
- Strand Å, Blanda E, Bodvin T, Davids JK, Jensen LF, Holm-Hansen TH, Jelmert A, Lindegarth S, Mortensen S, Moy FE, Nielsen P, Norling P, Nyberg C, Christensen HT, Vismann B, Holm MW, Hansen BW, Dolmer P. 2012. Impact of an icy winter on the pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg, 1793) populations in Scandinavia. *Aquatic Invasions* **7**: 433–440.
- Strand Å, Waenerlund A, Lindegarth S. 2011. High tolerance of the pacific oyster (*Crassostrea gigas*, Thunberg) to low temperatures. *Journal of Shellfish Research* **30**: 733–735.
- Sumner CE. 1981. Growth of pacific oysters, *Crassostrea gigas* Thunberg, cultivated in Tasmania. II. Subtidal culture. *Marine and Freshwater Research* **32**: 411–416.
- Sveriges meteorologiska och hydrologiska institution SMHI. 2013. WWW-dokument: <http://www.smhi.se/klimatdata/oceanografi/havsis>. Hämtad 2013-11-28.
- Sveriges meteorologiska och hydrologiska institution SMHI. 2013. WWW-dokument: <http://www.smhi.se/klimatdata/oceanografi/Havsmiljodata>. Hämtad 2013-11-28.
- Sveriges meteorologiska och hydrologiska institution SMHI. 2013. WWW-dokument 2013-03-08: <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/1.2430>. Hämtad 2013-12-01.
- Taris N, Ernande B, McCombie H, Boudry P. 2006. Phenotypic and genetic consequences of size selection at the larval stage in the pacific oyster (*Crassostrea gigas*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **333**: 147–158.
- Troost K. 2010. Causes and effects of a highly successful marine invasion: case-study of the introduced pacific oyster *Crassostrea gigas* in continental northwestern european estuaries. *Journal of Sea Research* **64**: 145–165.
- Ward JE, Newell R, Thompson RJ, Macdonald BA. 1994. In vivo studies of suspension-feeding processes in the eastern oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin). *The Biological Bulletin* **186**: 221–240.
- Wennberg S, Lindblad C. 2006. Sammanställning och analys av kustnära undervattenmiljö. Rapport 5591, Naturvårdsverket.
- Williamson MH, Fitter A. 1997. The characters of successful invaders. *Biological conservation* **78**: 163–171.
- Wrange A-L. 2008. Undersökning av det japanska jätteostronet (*Crassostrea gigas*) längs den svenska västkusten 2007-2008. AquAliens: främmande arter i våra vatten. Rapport för Naturvårdsverket.
- Wrange A-L, Valero J, Harkestad LS, Strand Ø, Lindegarth S, Christensen HT, Dolmer P, Kristensen PS, Mortensen S. 2010. Massive settlements of the pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in Scandinavia. *Biological Invasions* **12**: 1453–1458.