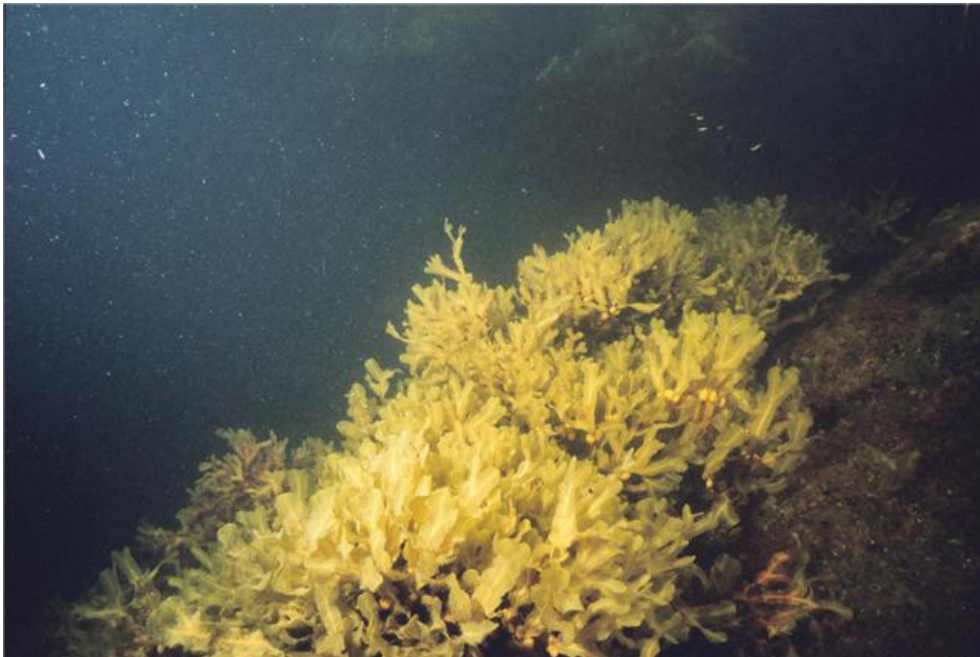




UPPSALA
UNIVERSITET

Vilka faktorer påverkar blåstångens (*Fucus vesiculosus*) förekomst i Östersjön?



Kajsa Linder

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

Vilka faktorer påverkar blåstångens (*Fucus vesiculosus*) förekomst i Östersjön?

Kajsa Linder

Självständigt arbete i biologi 2009

Sammandrag

Blåstången (*Fucus vesiculosus*) tillhör klassen brunalger (*Phaeophyceae*) och har en betydelsefull ekologisk funktion i Östersjön. Det är den dominerande makroalgen i Östersjön och fungerar som livsmiljö, föda och som växtsubstrat för andra alger. Dess utbredningsområde sträcker sig från Skånes kust i söder till Norra kvarken i norr. Blåstången har både asexuell och sexuell reproduktion. Den asexuella reproduktionen sker genom fragmentering, det vill säga att delar av bålen hos modersplantan lossnar och kan fästa på klippor och växa upp till nya plantor. Den sexuella reproduktionen är ordnad så att hon- och hanindividerna släpper sina gameter synkront under ny- och fullmåne. Det sker för att öka chansen för ägget och spermien att sammansmälta, för att öka möjligheten för lyckad reproduktion. Den sexuella reproduktionen är framgångsrik ner till en salthalt på 4 ‰. Sedan många år tillbaka går det att se en generell trend i minskade blåstångsbestånd från olika delar i Östersjön. Det är många olika faktorer som påverkar blåstångens spridning, etablering och tillväxt. Mitt syfte är därför att undersöka vilka biotiska och abiotiska faktorer som påverkar blåstångens förekomst i Östersjön.

Sedan 1940-talet har blåstångens utbredning i Östersjön förändrats. På 1940-talet växte blåstången rikligast på ett djup av 5-6 m och idag växer blåstången rikligast vid 0,5-2 m. De faktorer som påverkar blåstångens förekomst mest är kopplade till den ökade mängden näring som släpps ut i Östersjön, där jordbruket är den största källan till övergödningen. Sedan 1940-talet har siktdjupet i Östersjön minskat med 3 m på grund av ökad primärproduktion. Eftersom blåstången är en fotosyntetiserande alg är den direkt beroende av solljus. Den faktor som har mest negativ inverkan på den vuxna blåstångsindividerna är minskad tillgång till solljus, vilket reducerar fotosyntesen och tillväxten.

Övergödningen leder också till att trådformiga alger kan tillväxa snabbt och breda ut sig på klippor, samt att sedimenteringshastigheten av organiskt material ökar. De tidiga stadierna i blåstångens livscykel påverkas mest av den ökade konkurrensen med trådformiga alger och ökad sedimentering. Avsaknaden av fria hårdbottnar hämmar blåstångens etableringsförmåga eftersom brist på fria ytor försvårar zygotens kolonisering och minskar groddens överlevnad. De negativa effekterna på de tidiga stadierna i blåstångens livscykel får konsekvenser för blåstångens utbredning och abundans eftersom de minskar rekryteringen av nya individer. De faktorer som har störst påverkan på blåstångens utbredning är därmed tillgången på solljus och etableringsytor. Den ökade konkurrensen om solljus och etableringsytor är direkt kopplad till den ökade näringsmängden i Östersjön.

Försvinnandet av blåstången skulle få stora konsekvenser för hela ekosystemet i Östersjön, då ingen annan makroalg kan ersätta blåstångens ekologiska funktion. Under 2008 har blåstångens förekomst på djupare vatten ökat på några platser i Östersjön, men även om man har sett förbättringar är det långt kvar till att blåstången når den utbredning den hade på

1940-talet. Blåstångsbeståndens upp- eller nergång i framtiden är svår att förutsäga, det behövs fler långtidsstudier för att kunna förstå och förutspå blåstångens populationsdynamik. Med människans hjälp och tack vare blåstångens anpassningsförmåga har blåstången ändå goda möjligheter att återhämta sig och fortsätta utgöra Östersjöns viktigaste bottensamhälle.

Inledning

Östersjön är ett unikt och känsligt hav med brackvatten. Det har en salthaltsgradient som varierar från 15 ‰ i södra Östersjön till 0,5-3 ‰ i Bottniska viken i norr (Wallentinus 1991). I havet lever arter med marint och limniskt ursprung tillsammans och de har anpassat sig till brackvattenförhållanden (Tolstoy & Österlund 2003). Östersjön är ett artfattigt, men individrikt hav. Många av arterna lever på gränsen av sitt toleransområde och är därför mycket känsliga för yttre miljöförändringar (Wallentinus 1991). I mitten av 1900-talet skedde stora förändringar inom teknik, industri och jordbruk, vilket har lett till att mängden näringsämnen i Östersjön har ökat under de senaste årtiondena (Larsson *et al.* 1985).

Blåstång (*Fucus vesiculosus*) är en flerårig brunalg som är vanlig i Östersjön och förekommer i stora tångbälten längs kusten (Dybbro & Elmquist 2007). Blåstången är en nyckelart i Östersjön och spelar en viktig roll för många andra arter i ekosystemet (Tolstoy & Österlund 2003). Blåstångsskogarna fungerar som livsmiljö, barnkammare, skydd och föda för många organismer (Rangeley & Kramer 1995). En tångruska kan innehålla över 2700 individer av 30 olika växt- och djurarter och tångbältet är därmed Östersjöns artrikaste bottensamhälle (Kautsky *et al.* 1992, Söderlund & Pedersén 1993).

Blåstångens utbredning i Östersjön har förändrats under de senaste årtiondena (Kautsky *et al.* 1986, Malm & Kautsky 2003). Längs Sveriges, Finlands, Polens och Tysklands kuster har forskare kunnat se en generell trend i minskande blåstångsbestånd (Kautsky *et al.* 1992, Berger *et al.* 2004). Frågan är vilka faktorer som påverkar blåstångens förekomst i Östersjön?

Det övergripande syftet med det här arbetet är att undersöka vilka biotiska och abiotiska faktorer som påverkar blåstångens förekomst i Östersjön. Hur påverkas blåstångens utbredning av konkurrens, betning, ljus, näring, temperatur och salthalt? För att förstå vad som påverkar blåstångens utbredning och vilka faktorer som har betydelse för blåstångens existens har jag undersökt följande frågor:

- Vilken förekomst har blåstången i Östersjön?
- Hur ser dess livsmiljö ut?
- Hur ser blåstångens livscykel ut?
- Vilken påverkan har övergödningen av Östersjön på blåstången?
- Vilka övriga faktorer påverkar blåstångens utbredning?
- Vilka konsekvenser skulle försvinnandet av blåstången få för ekosystemet?
- Hur ser läget ut för blåstången idag, är den hotad?

Östersjön

Östersjön är världens största brackvattenhav. Havet delas in i Egentliga Östersjön, Rigabukten, Finska viken och Bottniska viken (Ignatius 1981) (Figur 1). Bottniska viken delas in i Bottenviken, Bottenhavet, Norra kvarken, Södra kvarken, Ålands hav och Skärgårdshavet. Östersjön har en yta på ungefär 400 000 km² (Söderlund & Pedersén 1993, Rodhe & Fonselius 2009a). Östersjöns geografiska och biologiska yttre gräns dras innanför Kattégatt och Skagerrak vid södra Öresund och södra Bälthavet (danska sunden) (Wallentinus 1991) (Figur 1).



Figur 1. Östersjöns olika delar och hur salthalten (‰) varierar från söder till norr. Omritad efter Tolstoy & Österlund (2003).

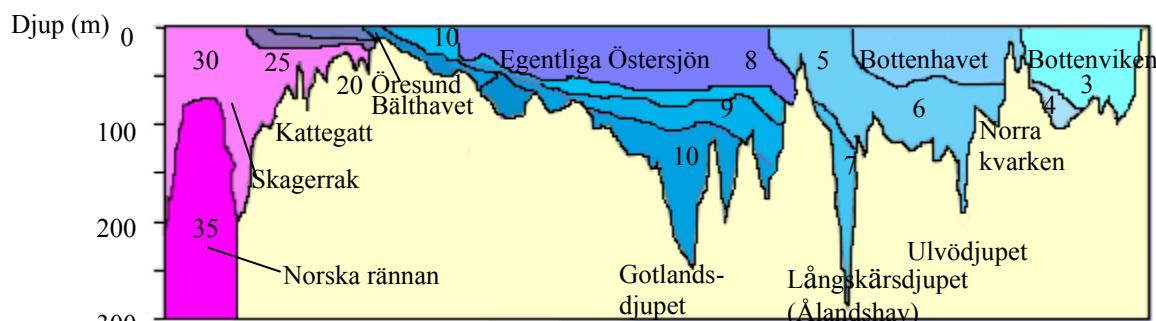
Östersjön är ett instängt innanhav med ytterst liten kontakt med världshaven. Det är genom de danska sunden som vattenutbytet sker (Ignatius 1981, Wulff *et al.* 1990). På grund av de trånga utloppen har Östersjön en mycket långsam vattenomsättning som drivs av vattenståndsskillnader mellan sydvästra Östersjön och södra Kattégatt (Wulff *et al.* 1990). Vattenståndsskillnaden beror på vindar, nederbörd och avdunstning och varierar från dag till dag (Andersson & Hallberg 2000). Östersjön har en total vattenvolym på cirka 21 700 km³ och det kan ta upp till 20-30 år innan allt vatten har bytts ut (Tolstoy & Österlund 2003, Bonsdorff 2004).

Östersjön har en stor tillförsel av sötvatten från floder och nederbörd. Den totala tillförseln av sötvatten är 500 km³ per år, vilket är större än avdunstningen på 200 km³ vatten per år. Det leder till att Östersjön i genomsnitt har en högre vattennivå än Kattégatt och att ytvatten med en salthalt på cirka 8,7 ‰ strömmar ut från Östersjön till Kattégatt (Rodhe & Fonselius 2009b). Det utströmmande vattnet kompenseras av bottenströmmar som för in vatten i Östersjön, med en genomsnittlig salthalt på 17,4 ‰. Det salta vattnet har hög densitet och lägger sig i djupen i Egentliga Östersjön. Trösklar vid Ålands hav gör att det salta bottenvattnet inte kan nå Bottniska viken. För att vattenbalansen ska upprätthållas måste lika mycket vatten strömma in och ut ur Östersjön (Rodhe & Fonselius 2009b).

Östersjön är ett grunt hav. Medeldjupet i Egentliga Östersjön är 65 m och i Bottniska viken 43 m. Den djupaste platsen finns vid norra Gotland, Landsortsdjupet, där det maximala djupet är 459 m (Ignatius 1981). Tröskeldjupen mellan de olika delarna i Östersjön är viktiga

för vattenomsättningen och de kemiska förhållandena i havet (Andersson & Hallberg 2000). De olika delarna i Östersjön skiljs åt av relativt grunda och trånga förbindelser från 25-70 m. Trösklarna in till Östersjön i Bälthavet och Öresund är grunda (Figur 2), de kallas Darserttröskeln och Drogdentröskeln och är 18 respektive 8 m (Andersson & Hallberg 2000).

Östersjön är ett unikt hav som har en minskande salthaltsgradient från söder till norr (Ignatius 1981) (Figur 1). När vattnet har en salthalt över 30 ‰ betraktas det som ett marint hav medan ett bracktvattenhav kan variera från 0,5-30 ‰ i salthalt (Tolstoy & Österlund 2003). Östersjöns ytvattenssalthalt varierar från 15 ‰ vid Bälthavet i söder till 0,5-3 ‰ vid Bottenviken i norr (Wallentinus 1991) (Figur 2). Under det relativt homogena ytskiktet ökar salthalten med djupet och det bildas ett språngskikt (haloklin) mellan det mindre salta ytvattnet och det saltare bottenvattnet. Skillnaderna i salthalt leder till att det bildas ett skikt som gör att det är svårt för syret från ytvattnet att nå botten (Andersson & Hallberg 2000).



Figur 2. Salthalten (‰) i Östersjön och hur den varierar i djupled och geografiskt. Omritat efter Fonselius (1995).

Artfattigdomen i Östersjön beror inte bara på den låga salthalten som gör det svårt för arter att leva där. Den beror också på att Östersjön är ett ungt hav, yngre än 10 000 år, och därför har få söt- och saltvattenarter hunnit etablera sig (Söderlund & Pedersén 1993). På grund av att det är ett ungt hav, har få brackvattenanpassade arter utvecklats i Östersjön. En studie av Pereyra *et al.* (2009) visar dock att en ny makroalg som tillhör klassen brunalger har evolverat i Östersjön. Algen smaltång (*Fucus radicans*) har divergerat från blåstången för omkring 400 år sedan.

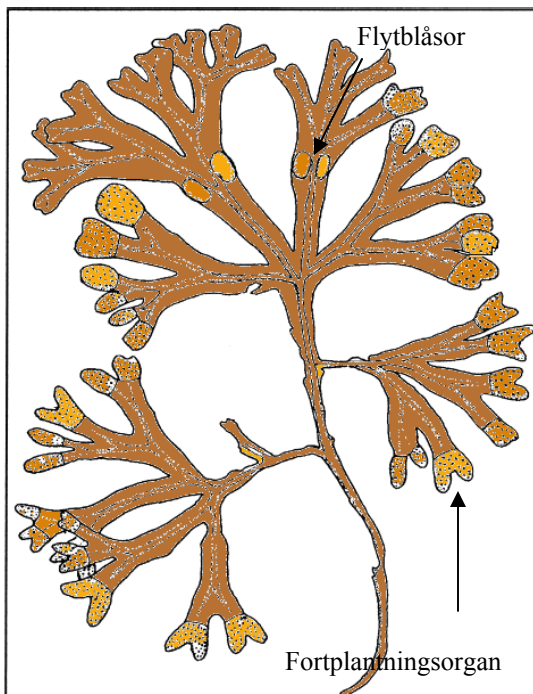
I mitten av 1900-talet skedde stora förändringar inom teknik, industri och jordbruk i Sverige som har lett till att näringsinnehållet i Östersjön har ökat (Larsson *et al.* 1985). Människans aktivitet och utsläpp av näringsämnen har lett till ett överskott av näring i Östersjön, ett fenomen som kallas övergödning (Naturvårdsverket 2009a). I Östersjöns avrinningsområde bor 85 miljoner människor som alla bidrar till övergödningen (Naturvårdsverket 2009b). Kväve och fosfor är de viktigaste näringsämnena i Östersjön. Den totala mängden kväve och fosfor har ökat mycket sedan 1940-talet (Wulff *et al.* 1990). En av de största utsläppskällorna för övergödningen är jordbruket som står för cirka 50 % av kväveutsläppen till Östersjön. Totalt tar Östersjön emot 30 000 ton fosfor och 1 miljon ton kväve varje år (Naturskyddsföreningen 2009). Fosfor och kväve binds i olika kemiska föreningar och anrikas i botten sedimentet (Tolstoy & Österlund 2003).

Blåstången

Morfologi och utbredningsområde

Blåstången är en flerårig makroalg som tillhör klassen brunalger (*Phaeophyceae*) (Dybbro & Elmquist 2007). Alger är flercelliga vattenlevande organismer som kan fotosyntetisera och är viktiga syreproducenter i Östersjön (Tolstoy & Österlund 2003). Alger tillhör gruppen bålväxter och saknar rötter, kärlsystem, stam och blad. Istället för stam har blåstången en platt bål (tallus) med en tydlig mittnerv och gaffelliknande förgreningar (Söderlund & Pedersén 1993). Blåstången är en kraftig alg som kan få upp till 75 cm långa förgreningar (Dybbro & Elmquist 2007). Kring bålens mittnerv finns ofta flytblåsor som hjälper växten att hålla sig upprätt (Figur 3). Om blåstången utsätts för mycket vind och vågor kan flytblåsorna saknas. I förgreningarnas toppar finns receptakler som innehåller blåstångens fortplantningsorgan. Receptaklerna ser ut som ansvällningar i topparna på förgreningarna (Berger *et al.* 2001) (Figur 3). Blåstången i Östersjön förekommer i två olika fenotyper. I södra och Egentliga Östersjön dominerar en blåstång med bred bål. I norra Östersjön, upp mot Botten havet, är det en mindre och mer förgrenad blåstång som dominerar. I Ålandshav och vid Estlands kust växer de två typerna sida vid sida (Kautsky *et al.* 1992).

Blåstången behöver näringsämnen för sin tillväxt. Till skillnad från landlevande växter, som tar upp näring med rötterna och transporterar det i kärnen, använder alger hela bålen för att ta upp näring (Söderlund & Pedersén 1993).



Figur 3. Blåstången med flytblåsor och ansvällda toppar, receptakler, som innehåller blåstångens fortplantningsorgan. Omritad efter Berger *et al.* (2001).

Essentiella näringsämnen för blåstången är kväve, svavel, fosfor och magnesium, samt kalcium, kalium och järn. Blåstången behöver även kol. Landlevande växter kan ta upp kol i form av koldioxid (CO_2) direkt från luften, men algerna måste till största del ta upp kol i form av bikarbonat (HCO_3^-), vilket är mycket mer energikrävande (Söderlund & Pedersén 1993, Tolstoy & Österlund 2003).

Blåstångens utbredningsområde sträcker sig från Skånes kust i söder till Norra kvarken i norra Östersjön. Längre norrut förekommer den som enstaka exemplar (Tolstoy & Österlund 2003). Blåstången växer på hårbotten (klippor), men kan även växa på stenar och musselskal som är omgivna av mjukbotten (Kautsky *et al.* 1992).

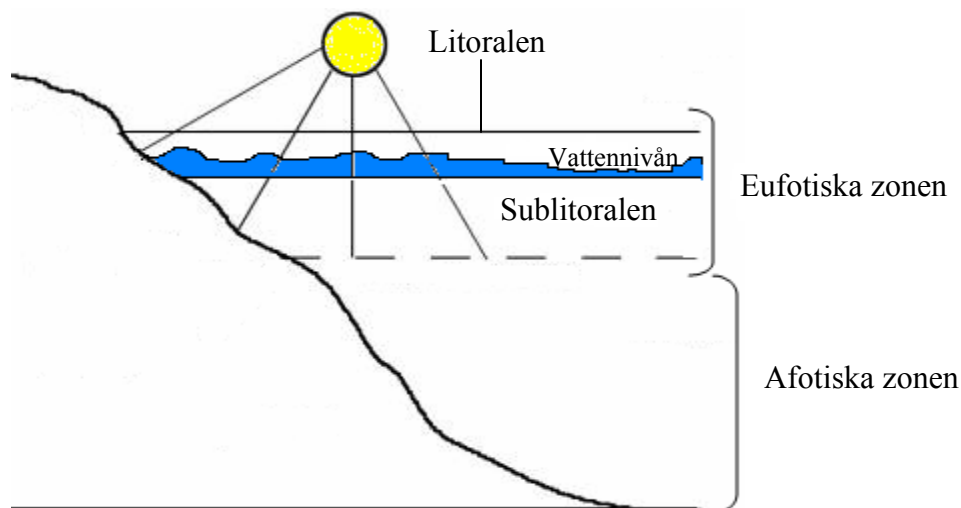
I södra och centrala Östersjön växer blåstången från 0,5-6 m djup (Tolstoy & Österlund 2003). Även om blåstången maximalt kan växa ner till 6 m djup, växer den rikligast från 0,5-2 m djup. Vid mer skyddade områden bildar blåstången täta bestånd ner till 3 m djup (Malm

& Kautsky 2003). Rohde *et al.* (2008) menar att blåstångens fysiska djupgräns i västra Östersjön ligger på ett djup på 4-6 m. På några platser i de centrala delarna av Östersjön har forskare funnit blåstången så långt ner som till 9 m djup (Karlsson *et al.* 2009). Längs den norra kusten kan blåstången växa ner till ett djup på 7 m och ute till havs ännu djupare (Tolstoy & Österlund 2003).

Tillsammans med sågtången (*Fucus serratus*) bildar blåstången täta tångskogar. I skyddade områden växer de tillsammans i ett mixat bälte från 0,5-3 m djup. Vid mer exponerade platser växer blåstången från 0,5-2 m djup och sågtången från 1-5 m djup (Malm & Kautsky 2003).

Eftersom blåstången är en fotosyntiserande vattenlevande alg är den beroende av solljus. Det är tillgången på ljus som begränsar blåstångens vertikala spridning (Kautsky *et al.* 1986). Fotosyntiserande växter kan bara växa i den eufotiska zonen, vilket är det område där ljuset är tillräckligt för deras fotosyntes. Eufotiska zonen består av litoralen och sublitoralen. Området där ljuset inte är tillräckligt för fotosyntes kallas afotiska zonen (Tolstoy & Österlund 2003) (Figur 4).

Det som begränsar blåstångens övre gräns är dess förmåga att klara uttorkning, vind- och vågexponering samt att den slits bort av is. Blåstången har en högre toleransnivå än sågtången, men vid allt för utsatta områden kan blåstången inte växa på grund av vågor och vind (Kautsky *et al.* 1992, Malm & Kautsky 2003). För att undvika uttorkning växer blåstången inte högre upp än i sublitoralen. Ovanför blåstången, vid litoralen, precis vid vattenytan, växer grönalgsbältet med den fintrådiga grönslicken (*Cladophora glomerata*) (Söderlund & Pedersén 1993, Malm & Kautsky 2003).

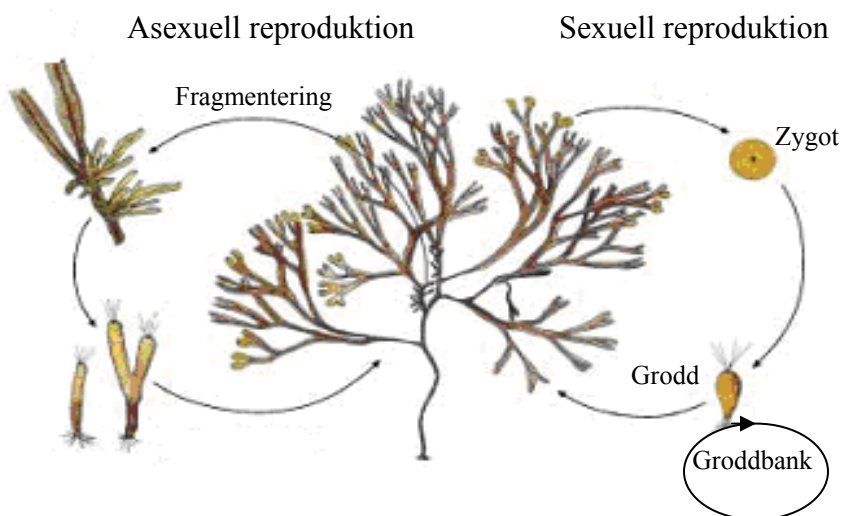


Figur 4. Schematisk indelning av strandzonen. Omritad efter Tolstoy & Österlund (2003).

Reproduktion och tillväxt

Forskare har tidigare trott att enbart sexuell reproduktion förekommer hos blåstång, men studier har visat att blåstång har både sexuell och asexuell fortplantning (Tatarenkov *et al.* 2005) (Figur 5). Många alger har komplicerade livscyklar med en generationsväxling mellan

gametofyt- och sporofytstadium (Tolstoy & Österlund 2003). Blåstången har däremot en relativt enkel livscykel med bara gametofytstadium, det vill säga en generation som producerar gameter (Tatarenkov *et al.* 2005). Forskare har även funnit att blåstången har groddbank (likt fröbank), i form av mikroskopiska groddar (microrecruits) som kan överleva i upp till tio månader. De mikroskopiska groddarna kan stanna i stasis, vilket innebär att de kan ligga vilande och invänta goda förhållanden att tillväxa i (Hoffmann & Santelices 1991, Creed *et al.* 1996) (Figur 5).



Figur 5. Blåstångens två olika reproduktionssätt, den asexuella fragmenteringen och den sexuella förökningen med ägg och spermier. Bild omritad från Tatarenkov *et al.* (2005).

Sexuell reproduktion

Blåstången har en diploid livscykel, där den vuxna diploida algen bildar haploida gameter genom meios. Blåstången är dioik, det vill säga att honliga och hanliga gameter produceras av separata individer (Tatarenkov *et al.* 2005). I receptaklerna, i förgreningarnas toppar, finns de honliga och hanliga fortplantningsorganen (Tolstoy & Österlund 2003) (Figur 3). De haploida äggen bildas i honorganet, oogonet, och de haploida spermier i hanorganet, anteridiet. Äggen och spermier lämnar fortplantningsorganen och sammansmälter till en diploid zygot i det fria vattnet (Russell 1985, Serrão *et al.* 1996a, Tatarenkov *et al.* 2005). Äggen och spermier är livsdugliga i några timmar och de kan sprida sig cirka 0,5-2 m från den adulta plantan (Serrão *et al.* 1997, Serrão *et al.* 1999).

För att få en framgångsrik befruktning krävs att gameterna möts och sammansmälter till en zygot. För att frisläppningen av gameterna ska synkronisera har blåstången utvecklat en speciell mekanism som bestämmer när hon- och hanplantorna ska släppa sina gameter (Serrão *et al.* 1996b). Serrão *et al.* (1996b) har funnit att frisläppningen av gameter är störst under lugna förhållanden och lågvatten. Blåstången följer därmed månens rytm och släpper sina gameter när det är full- och nymåne (Serrão *et al.* 1996b). Det förklaras med att yttre faktorer som månljus och gravitation styr en inre klocka hos cellerna i blåstången (Tolstoy & Österlund 2003). I studien fann Serrão *et al.* (1996b) att frisläppningen inhiberas vid högvatten och hög vattenaktivitet. Vattenrörelser påverkar befruktningsframgången genom

att hög vattenaktivitet orsakar snabb spermieutspädning (dilution) och orsakar skador på det befruktade ägget (Serrão *et al.* 1996b).

För att det befruktade ägget ska överleva krävs det att det finns en ledig yta, utan påväxt, som det kan etablera sig på och växa ut till en ny grodd och efter några år till en vuxen planta (Berger *et al.* 2001, Kautsky 2009). Blåstångsgroddarnas tillväxt är täthetsberoende. Intraspecifik konkurrens minskar tillväxthastigheten, reducerar algstorleken och leder till ökad mortalitet, så kallad täthetsberoende mortalitet. Det är tillgången på näring som begränsar groddarnas tillväxthastighet. Tillväxten av groddarna är viktig för plantornas överlevnad, då de stora plantorna är mer konkurrenskraftiga än de små och har bättre chans att överleva till reproduktion. De stora plantorna kan däremot vara mer känsliga för stokastiska händelser som till exempel vågrörelser, som gör att de slits bort från klipporna. Vid svåra miljöförhållanden ger groddbänken individen en chans att invänta bättre miljöförhållanden som ökar möjligheterna för en lyckosam rekrytering. Groddbänken fungerar som en buffert mot oförutsägbara miljövariationer och kan skydda populationer från att försvinna vid svåra förhållanden (Creed *et al.* 1996).

Asexuell reproduktion

Blåstången kan även reproducera sig genom asexuell reproduktion (Figur 5). Den könlösa reproduktionen sker genom att modersplantan fragmenteras. Fragmenteringen sker genom att en del av modersplantans bål lossnar. Växtdelarna kan sedan fästa på ytor och växa upp till nya plantor (Berger *et al.* 2001, Tatarenkov *et al.* 2005).

Två reproduktiva perioder

Blåstången i Östersjön har två reproduktiva perioder när de släpper sina gameter. Sommar-reproducerande individer släpper sina gameter under maj-juni, medan höst-reproducerande individer släpper sina gameter under september-november. I Egentliga och södra Östersjön förekommer både sommar- och höst-reproducerande populationer. I södra Östersjön finns även individer som släpper sina gameter under båda perioderna. I norra delarna av Östersjön är blåstången främst sommar-reproducerande med den maximala reproduktionen i mitten av juni (Bäck *et al.* 1991, Berger *et al.* 2001).

Blåstången som livsmiljö

Blåstången är en nyckelart i Östersjön och utgör en strukturell bas för många arter (Wallentinus 1991). I Egentliga Östersjön finns det omkring 70 makroalgsarter och de flesta är fintrådiga grönalger (Söderlund & Pedersén 1993). Blåstången är den dominerande makroalgen och ekologiskt sett den viktigaste fleråriga algen i Östersjön. I de norra delarna av Egentliga Östersjön utgör blåstången 33 % av växtbiomassan i vattnet (Kautsky *et al.* 1992). Blåstångsbältet är Östersjöns artrikaste bottensamhälle, 70 % av alla djurarter är på något sätt beroende av tångbältet. I en tångruska kan det finnas 2700 individer av 30 olika växt- och djurarter. De trådformiga makroalgerna utgör inte samma viktiga livsmiljö som blåstången och har därför inte alls samma ekologiska funktion som blåstången (Kautsky *et al.* 1992, Söderlund & Pedersén 1993).

Blåstångsskogarna utgör en viktig livsmiljö som har många olika funktioner. Algen utgör basen i näringskedjan och fungerar som föda för växtätande arter. Blåstångsskogarna fungerar också som lek- och uppväxtmiljö för fiskar och som bostad för många smådjur. I

tångens krona lever till exempel märkräftor (*Gammarus* spp.) och vattengråsuggor (*Idotea* spp.), längre ner i trädet bor havsborstmaskar (*Marenzelleria viridis*) och musslor (*Bivalvia* spp.) (Vogt *et al.* 1991, Söderlund & Pedersén 1993, Rangeley & Kramer 1995, Sundelin *et al.* 2000, Kotta & Ólafsson 2003, Tarnowska 2009). På grund av att många smådjur lever i blåstången är den även en viktig plats för födosök för fiskar (Rangeley & Kramer 1995). Många fiskar, som till exempel spigg (*Gasterosteidae* spp.), abborre (*Perca fluviatilis*) och sandstubb (*Pomatoschistus minutus*), är helt beroende av tången för sitt födosök (Magnhagen & Kvarnemo 1989, Söderlund & Pedersén 1993, Barber 2003, Banas *et al.* 2009). Blåstången har också en viktig funktion som gömställe (Rangeley & Kramer 1995).

Övergödningens påverkan på blåstångens förekomst i Östersjön

De senast årtiondena har forskare kunnat se en generell trend i minskade blåstångsbestånd längs Östersjöns kuster (Kautsky *et al.* 1992). Blåstångsbeståndets djuputbredning har minskat sedan 1940- talet fram till idag (Kautsky *et al.* 1986, Rodhe *et al.* 2008). Många av de faktorer som påverkar blåstångens utbredning är kopplande till de indirekta effekterna av övergödningen i Östersjön. Övergödning av Östersjön leder till ökad tillväxt av trådformiga alger, minskad ljusnedträkning, ökad sedimentering och ökad betning, vilka orsakar ökad konkurrens om solljus och etableringsytor och påverkar blåstångens förekomst negativt (Sandén & Håkansson 1996, Berger *et al.* 2003, Klemens Eriksson & Johansson 2003, Korpinen & Jormalainen 2008). Den ökade näringsmängden i havet för också med sig vissa positiva effekter för blåstången, då mer näring leder till bättre kvalitet hos blåstången (Hemmi & Jormalainen 2002).

Ökning av kortlivade trådformiga alger

Den ökade mängden näring i Östersjön leder till att kortlivade trådformiga alger som till exempel grönslick (*Cladophora glomerata*), trådslick (*Pylaiella littoralis*) och ullsläke (*Ceramium tenuicorne*) gynnas (Berger *et al.* 2003, Korpinen & Jormalainen 2008). De årliga fintrådiga algerna växer snabbt vid hög näringshalt i vattnet, eftersom de snabbt kan ta upp kväve, fosfor och kol med sina fina trådar ur vattnet. Genom att de kan utnyttja den ökade mängden näring i vattnet kan de på lång sikt konkurrera ut den långlivade, långsamt växande blåstången (Kautsky & Asplund 2006, Korpinen & Jormalainen 2008). Näringsökningen i Östersjön resulterar i hög täthet av trådformiga alger som snabbt etablerar sig och tillväxer på stenar och klippor och bildar stora täckande algmattor (Berger *et al.* 2003, Korpinen & Jormalainen 2008). De fintrådiga algerna använder även blåstången som substrat att växa på, dessa typer av alger kallas epifyter (Rohde *et al.* 2008).

De trådformiga algernas snabba utbredning leder till negativa effekter för blåstångens kolonisationsförmåga och tillväxt. För att det befruktade ägget ska överleva krävs att det finns lediga stenytor för zygoten att fästa på (Berger *et al.* 2001). Blåstångens kolonisation hämmas av de fintrådiga algerna, eftersom tillgängligheten av fria ytor minskar och försvårar blåstångens etablering (Korpinen & Jormalainen 2008). En studie av Berger *et al.* (2003) visade att många fler zygoter koloniserade stenar och klippor där fintrådiga alger saknades. Den ökade konkurrensen om etableringsytor med trådformiga alger påverkar zygotens kolonisationsförmåga negativt.

Forskning har visat att det finns ett direkt negativt samband mellan ökad täthet av fintrådiga alger och reducering av blåstång i Östersjön. Sambandet mellan de trådformiga algernas ökning på bekostnad av blåstången tyder på att perenna och årliga makroalger konkurrerar med varandra om etableringsytor, solljus och näring (Worm *et al.* 1999).

Interspecifik konkurrens med fintrådiga alger har även stor påverkan på överlevnaden av blåstångens groddar. I en undersökning av Berger *et al.* (2003) påvisades att konkurrens med fintrådiga alger minskade överlevnaden av blåstångens groddar till 5 % eller mindre. Det visar att trådformiga alger har en negativ effekt på överlevnaden av blåstångens groddar. Högst var dödligheten under de första 10-11 dagarna, vilket var ett resultat av täthetsberoende mortalitet (Berger *et al.* 2003).

Trådformiga epifyter som växer på blåstången gynnas också av den ökade tillgången av näring i vattnet (Rohde *et al.* 2008). Exempel på sådana alger är trådslick (*Pilayella littoralis*) (Vogt & Schramm 1991). Epifyterna minskar blåstångens tillväxt markant. I en undersökning fann Rohde *et al.* (2008) att de individer som var täckta av epifyter hade 26 % lägre tillväxt än de individer som inte var täckta av alger (Rohde *et al.* 2008). Massutvecklingen av epifyter leder till direkt negativa effekter för blåstångens fotosyntes. Alger som växer på blåstången skymmer solljuset, vilket leder till minskad fotosyntes och minskad tillväxt (Vogt & Schramm 1991). Sammansättningen och mängden av epifyter förändras med djupet, vid 2-4 m var blåstången mycket mer täckt av alger än vid 6 m djup (Rohde *et al.* 2008).

Ökad sedimentering av organiskt material

Sedimenteringshastigheten av organiskt material har ökat i Östersjön som en effekt av övergödningen (Klemens Eriksson & Johansson 2003). När näringsinnehållet i Östersjön ökar leder det till ökad produktion av växtplankton (Sandén & Håkansson 1996). När den stora mängden plankton och trådformiga alger bryts ner sjunker partiklarna till botten, vilket ökar sedimenteringen av organiskt material (Sandén & Håkansson 1996, Klemens Eriksson & Johansson 2003). Sedimenteringshastigheten i Östersjön är säsongsb beroende och mängden organiskt material varierar under de olika årstiderna. Mängden organiskt material är störst under hösten, vilket kan bero på att de stora mängder kortlivade fintrådiga alger som bildats under sommaren bryts ner under hösten. Under hösten ökar även antalet stormar, vilket leder till ökad resuspension (omblandning) på grund av vågaktivitet. Den ökade omblandningen leder till ökad sedimentering av organiskt material (Berger *et al.* 2003). Under sommaren är huvudkällan för sedimenten organiskt material från nedbrutna plankton (Klemens Eriksson & Johansson 2003).

I två olika studier undersöktes det organiska materialets påverkan på zygotens kolonisering samt groddarnas överlevnad och tillväxt (Berger *et al.* 2003, Klemens Eriksson & Johansson 2003). Avlagringarna minskar det befruktade äggets förmåga att fästa på klippor och minskar blåstångsgroddarnas överlevnad till 0-2 %. När det organiska materialet introducerades efter att groddarna etablerat sig var de mer resistenta, med en överlevnad på 13 % (Berger *et al.* 2003). Klemens Erikssons & Johanssons (2003) forskning har visat att sedimentering av organiskt material har negativ effekt på groddarnas tillväxt. Det är främst de små groddarna, mindre än 5 mm, som påverkas av sedimenteringen. När avlagringarna togs bort var det de

små plantorna som ökade mest i storlek, de redan etablerade plantorna påverkades inte lika mycket (Klemens Eriksson & Johansson 2003). Studierna visar att sedimentering av organiskt material har en betydande negativ effekt på rekryteringsförmågan hos blåstången i Östersjön. Det är dock flera olika faktorer som påverkar överlevnad och tillväxt av de tidiga livscykelstadierna hos blåstången, så som brist på lediga ytor, skuggning och näringsbrist (Berger *et al.* 2003, Klemens Eriksson & Johansson 2003).

Sedimenteringens negativa påverkan på blåstången ökar med djupet och påverkar främst vegetationen under 2 m djup. Undersökningar visar att blåstången skulle kunna växa på djupare vatten om ytorna var rena från sediment. Detta visar att den ökade sedimentering har negativ påverkan på blåstångens djuputbredning (Klemens Eriksson & Johansson 2003).

Ökning av trådformiga alger och sedimentering - påverkan på de två reproduktiva perioderna

Berger *et al.* (2001) visade i sin studie att de fintrådiga algerna tillväxer snabbare under våren och sommaren än under hösten. Det leder till att klippor och stenar är mer täckta av alger under sommaren, vilket gör att sommar-reproducerande individer påverkas mer negativt av konkurrens från fintrådiga alger än höst-reproducerande individer. När sommar-reproducerande individer släpper sina ägg och spermier under maj-juni finns det lite plats för zygoterna att fästa på och etablera sig. Berger *et al.* (2001) menar att höst-reproducerande individer skulle ha fördel av att släppa sina gameter under september-november. Då finns det mer plats för de befruktade äggen att fästa på, vilket ökar möjligheten för överlevnad och etablering. Deras slutsats var därmed att höst-reproducerande populationer kommer att öka i övergödda områden (Berger *et al.* 2001).

I en senare undersökning visade Berger *et al.* (2003) att tillväxten av fintrådiga alger är större under sommaren, men att sedimenteringshastigheten av organiskt material är större under hösten. Populationer som har sommar-reproduktion kommer påverkas mer av konkurrens med fintrådiga alger än av sedimentering, medan populationer som har höst-reproduktion kommer att påverkas mest av sedimentering (Berger *et al.* 2003). Bergers *et al.* (2001) tidigare slutsats om att höst-reproducerande populationer skulle ha fördel stämmer därmed inte. Sedimentering verkar nämligen ha lika stor, om inte större negativ påverkan på blåstångens koloniseringsförmåga än den ökade konkurrensen med trådformiga alger. Sommar- och höstreproducerande individer borde därmed ha lika stora för- och nackdelar (Berger *et al.* 2003).

Minskad ljusnedträngning

Ljusintensiteten i vattnet avtar naturligt med ökat djup (Kautsky *et al.* 1986). När näringsmängden i Östersjön stiger leder det till högre produktion av växtplankton. När mängden plankton ökar blir vattnet grumligare och det leder till minskad ljusnedträngning. Den ökade mängden partiklar i vattnet leder till att ljuset reflekteras och får ännu svårare att nå botten. Siktdjupet har minskat med 3 m i Östersjön det senaste århundradet på grund av ökad primärproduktion (Sandén & Håkansson 1996).

Blåstången är en fotosyntiserande vattenlevande växt som är beroende av solljus. Det är tillgången på ljus som begränsar blåstångens vertikala spridning (Kautsky *et al.* 1986).

Blåstångens djuputbredning i södra och centrala Östersjön har ändrats de senaste årtiondena (Tabell 1). Sedan 1940-talet har blåstångens nedre fysiska gräns flyttats uppåt. På 1940-talet växte blåstången på ett maximalt djup av 11,5 m. Rohde *et al.* (2008) menar att blåstångens maximala gräns i nuläget går ner till 4-6 m. Det går även att se en trend i att blåstångsbältets rikligaste tillväxt flyttas närmare ytan (Kautsky *et al.* 1986, Rohde *et al.* 2008).

Tabell 1. Blåstångens förändrade utbredning i södra och centrala Östersjön från 1940- talet till 2000- talet. Sammanställt utifrån Kautsky *et al.* (1986), Malm & Kautsky (2003), Rohde *et al.* (2008).

År	Maximalt djup (m)	Rikligast tillväxt vid djup (m)	Blåstångsbältets början, under ytan (m)
1940-talet	11,5	5-6	3
1980-talet	8,5	3-4	1
2000-talet	4-6	0,5-2	0-0,5

Anledningen till att blåstångens nedre gräns har flyttats uppåt är direkt kopplad till vattnets minskade ljusnedtränglighet på grund av reflekterande partiklar (Kautsky *et al.* 1986). Rohde *et al.* (2008) fann i sin undersökning att fotosyntesen och tillväxten hos blåstång minskar med minskad ljusintensitet. Vid 6 m djup var tillväxten mindre än 1 mm/ vecka. Det är en för långsam tillväxthastighet för att algen ska kunna kompensera för fysiska skador och konsumtion. Därför menar Rohde *et al.* (2008) att blåstångens fysiska gräns ligger på 4-6 m djup. På vissa platser i centrala Östersjön har forskare under år 2008 sett att blåstångens djuputbredning har ökat till 7-9 m (Karlsson *et al.* 2009).

Ökad betning

Algerna utgör basen i näringskedjan och fungerar som föda för många herbivorer (Rangeley & Kramer 1995). Vid hög tillgång på näring minskar adulternas fitness, antalet överlevande groddor och rekryteringen av nya individer på grund av ökad betning (Korpinen & Jormalainen 2008). Trådformiga alger utgör föda för unga tånggråsuggor (*Idotea* spp), medan de vuxna tånggråsuggornas huvudföda är blåstång. När de trådformiga algernas täthet ökar vid mer tillgång på näring, ökar även tånggråsuggornas reproduktionsframgång och tillväxthastighet (Vogt *et al.* 1991). Ökad mängd tånggråsuggor leder till ett ökat betningstryck på blåstången (Hemmi & Jormalainen 2002). Undersökningar visar ett samband mellan ökad mängd tånggråsuggor och minskad täthet i blåstångspopulationer (Engkvist *et al.* 2000).

Övergödningen har också visat sig leda till bättre kvalitet på blåstången som föda för växtätare (Hemmi & Jormalainen 2002). Ökad kvalitet och mer näringsrik blåstång kan leda till att tusensnäckor (*Hydrobia* spp.) byter matpreferens och börjar beta mer på blåstång än på fintrådiga alger. Överbetning kan därför lokalt leda till minskad överlevnad och minskad täthet av blåstången (Korpinen & Jormalainen 2008).

Växtätande arter kan även ha en positiv effekt på blåstångens tillväxt. De betar bort epifyttagret som skuggar blåstången, vilket leder till ökad fotosyntes och tillväxt. Båtsnäckor (*Theodoxus fluviatilis*) är effektiva epifytbetare. De minskar påväxten av trådformiga alger på blåstången. De bidrar därmed till att bibehålla mångfalden och är en viktig art för att behålla blåstångssamhällen i Östersjön (Worm *et al.* 1999, Råberg 2007).

Övriga faktorerers påverkan på blåstångens utbredning

Påverkan av fysisk stress och störning

Temperatur

Blåstång påverkas negativt av låg vattentemperatur. I en undersökning av Malm & Kautsky (2003) fann de att efter en timme i -5°C kunde blåstången återhämta sin fotosynteskapacitet. Efter en timme med -15°C kunde blåstången också återhämta sig, men efter tre timmar i samma temperatur kunde den inte komma upp i samma fotosynteskapacitet. Det visar att vattentemperaturen påverkar blåstångens fotosyntes och därmed tillväxt (Malm & Kautsky 2003).

Salthalt

En undersökning av Serrão *et al.* (1996a) visade att blåstångsspermier från marina vatten inte kan simma i Östersjövattnets låga salthalt (salthalt $< 6\text{‰}$) och att befruktningen därför inte kan äga rum. Blåstångsgameter från Östersjön hade en välfungerande befruktningen mellan en salthalt på 6-33 ‰. Blåstångsspermier från Östersjön hade en fungerande hastighet och rörelse ner till en salthalt på 4 ‰ (Serrão *et al.* 1996a). Serrão *et al.* (1996a) menar att det visar att blåstången i Östersjön har anpassat sig bra till de svåra brackvattenförhållandena. Blåstångsspermiernas livslängd, hastighet och rörelse försämras om salthalten är lägre än 4 ‰. Vid en salthalt på 3-4 ‰ började spermier simma i cirklar eller tumla runt istället för att simma i en bestämd riktning. Det gör att antalet befruktade ägg minskar vid för låg salthalt (Serrão *et al.* 1996a). Detta kan jämföras med blåstångens släkting, sågtång (*Fucus serratus*) som behöver en salthalt på minst 7 ‰ för framgångsrik reproduktion (Malm & Kautsky 2003).

Vågaktivitet och iskrapning

Båttrafiken i Östersjön orsakar starka vattenrörelser längs med färjornas farleder. På klipporna utmed farlederna har blåstången visat sig kunna växa 0,5 m över vattenytan eftersom de flera gånger om dagen får vatten svept över sig. De frekventa vågorna leder till att blåstången kan växa över vattenytan utan att bli uttorkade. När havsisarna lägger sig under kalla vintrar kan det leda till drastiska konsekvenser för den blåstång som växer över vattenytan och i strandzonen. När isen lägger sig fryser algerna fast i isen, när sedan isen lossnar skrapas de fastsittande algerna bort och driver med isen ut till havs. Klipporna kan då bli helt barskrapta från blåstång (Rönneberg *et al.* 1992).

Forskning har visat att vattenrörelser från färjetrafik kan ha en lokal positiv effekt på blåstångens djuputbredning, då vattenrörelserna håller bottenarna fria från sediment och flytande algmattor (Roos *et al.* 2004). Roos *et al.* (2004) såg att på platser där det var mindre båttrafik var det mindre vattenrörelser, mer flytande algmattor och ett tjockt lager av sediment.

Miljögifter

På grund av att Östersjön är ett instängt hav med långsam vattenomsättning stannar föroreningar kvar länge i vattnet. Östersjön har därför högre halt av föroreningar än andra hav. Alla föroreningar i avrinningsområdet runt Östersjön transporteras med åar och floder till havet (Naturvårdsverket 2009b). Vid syrebrist lagras giftiga ämnen som till exempel DDT (diklordifenyltriklorethan), PCB (polyklorerade bifenyler) och TBT (tributyltin) i

bottensedimenten. Vid stormar frigörs föroreningarna från bottensedimenten och blir fria i vattnet. De giftiga ämnena kommer in i näringskedjorna genom att de fastnar på algernas cellväggar och ansamlas i näringskedjorna (Kautsky *et al.* 1992, Tolstoy & Österlund 2003).

Båttrafiken i Östersjön är den största källan för kopparföroreningar i vattnet (Andersson & Kautsky 1996). Undersökningar har visat att det obefruktade ägget och zygoten är mer känslig för föroreningar än den vuxna individen. Det kan bero på att zygoten inte har fullt utvecklade cellväggar som kan minska det skadliga upptaget. Undersökningar under kontrollerade former har visat att salthalten har en betydande inverkan på hur blåstångens reproduktion påverkas av föroreningar (Andersson *et al.* 1992, Andersson & Kautsky, 1996). Vid en salthalt under 6 ‰ och över 20 ‰ när zygoten utsattes för 20 µg Cu/l minskade zygotens tillväxt med 70-80 %. Vid samma kopparhalt fast i en salthalt på 14 ‰ påverkades inte zygotens utveckling alls (Andersson & Kautsky 1996). Samma sak gäller då grodden utsattes för 7,5 mM brom. Vid en salthalt under 6 ‰ och över 10 ‰ var de negativa effekterna av brom störst (Andersson *et al.* 1992). Studierna visar att de tidiga stadierna i blåstångens livscykel är mest känsliga för föroreningar och att saltstress kan öka de negativa effekterna av miljögifter (Andersson *et al.* 1992, Andersson & Kautsky 1996).

Många fartyg målas med färg som innehåller den giftiga tennföreningen TBT. Färjetrafiken leder till ökade mängder TBT i Östersjövattnet. TBT har drastiska effekter på blåstångens respiration och fotosyntes och har negativ påverkan på näringsupptaget. För att upprätthålla fotosyntesen måste blåstången lägga mer energi än vanligt, vilket leder till mindre resurser att motstå andra störningar (Kautsky *et al.* 1992).

Diskussion

Blåstången är den dominerande makroalgen i Östersjön och är en betydelsefull art i ekosystemet. Den är en viktig plats för födosök, livsmiljö och skydd för många djur, samt ett viktigt substrat för andra alger att växa på. Trots blåstångens goda anpassningsförmåga har övergödningen i Östersjön påverkat blåstångens förekomst negativt (Serrão *et al.* 1996b, Tatarenkov *et al.* 2005).

De viktigaste faktorerna som påverkar blåstångens förekomst i Östersjön är kopplade till de indirekta effekterna av övergödningen, så som ökad sedimentering, ökad konkurrens med trådformiga alger, minskad ljusnedträngning och ökad betning. Dessa faktorer påverkar både de vuxna individernas tillväxt och rekrytering av nya individer (Sandén & Håkansson 1996, Berger *et al.* 2003, Klemens Eriksson & Johansson 2003, Korpinen & Jormalainen 2008).

Adulternas livsduglighet och fitness påverkas av minskad ljusnedtränglighet, skuggande epifytlager och ökad betning. Den minskade ljustillgången har en direkt påverkan på blåstångens tillväxt, då den minskar algens fotosynteskapacitet. På grund av minskad ljustillgång kan inte blåstången växa långt ner. Den tvingas istället växa närmare ytan och konkurrera med trådformiga alger om solljus, yta och näring. Ju längre upp blåstången växer desto bättre passar den som substrat för de fintrådiga algerna att växa på. Trots att blåstången klarar av att växa på 6 m djup, är den inte vanlig under 2 m djup. Det kan bero på de

fintrådiga algerna som växer på blåstången och skuggar den, vilket minskar dess ljusupptagningsförmåga ännu mer. Den ökade konkurrensen om solljus påverkar tillväxten och abundansen i de redan etablerade blåstångsbestånden (Vogt & Schramm 1991, Worm *et al.* 1999, Rohde *et al.* 2008).

Övergödningens påverkan på de tidiga stadierna i blåstångens livscykel leder till att blåstångens möjligheter till en naturlig etablering minskar. För att upprätthålla blåstångsbestånden är blåstången beroende av att de tidiga stadierna i livscykeln lyckas, det vill säga befruktning, överlevnad och kolonisering av grodden (Berger *et al.* 2003, Klemens Eriksson & Johansson 2003).

De tidiga stadierna i blåstångens livscykel är mycket känsliga och lider av hög dödlighet. Det som har störst påverkan under de tidiga stadierna i blåstångens livscykel är den ökade sedimenteringshastigheten och den ökade konkurrensen med trådformiga alger. De har båda mycket stor negativ effekt på zygotens förmåga att kunna fästa på ytor och överlevnaden av grodden. Avlagringar från organiskt material har förödande konsekvenser för blåstångens kolonisering. Det minskar det befruktade äggets förmåga att fästa på klippor och minskar blåstångsgroddarnas överlevnad till 0-2 % om deponeringen sker samtidigt som de befruktade ägget ska kolonisera en ny yta. Eftersom den ökade mängden avlagringar och konkurrensen med trådformiga alger påverkar rekryteringen av nya individer, är det faktorer som har stor inverkan på blåstångens förekomst i Östersjön (Berger *et al.* 2003, Klemens Eriksson & Johansson 2003).

Vid höga näringshalter ökar kvalitén på blåstången som föda. Det leder till ett ökat betningstryck på blåstången, minskad fitness och överlevnad för både aduler och groddar. Betare behöver inte bara medföra negativa konsekvenser för blåstången. De har visat sig ha positiva effekter, då de betar bort skuggande epifytlager och ökar därmed blåstångens fotosyntes och tillväxt. Växtätare kan också tänkas ha en positiv effekt för blåstångens asexuella reproduktion. Växtätarna kan beta av blåstången så att fragment lossnar och sprids, vilket kan leda till rekrytering av nya bestånd. Växtätarna kan därför vara väldigt viktiga för blåstångens existens och bevarandet av det viktiga bottensamhället (Worm *et al.* 1999).

Enligt Tatarenkov *et al.* (2005) kan blåstångens två reproduktiva strategier vara viktigare för blåstångens existens än vad forskare tidigare trott. Blåstångens sexuella reproduktion påverkas negativt vid en salthalt på 4 ‰, då har spermier hög dödlighet och dålig rörlighet. Den asexuella reproduktionen kan därför vara mycket viktig för blåstången. Fragmenteringen är inte beroende av salthalten och kan genomföras i låg salthalt och vid hög vattenaktivitet. De fragmenterade växtdelarna kan även ha större chans att överleva eftersom de undviker de tidiga känsliga stadierna som de befruktade äggen och groddarna genomgår. I de svåra brackvattenförhållandena kan den asexuella reproduktionen därför visa sig vara det viktigaste sättet för etablering av blåstång. Även betning och isskrapning kan dessutom bidra till att växtdelar lossnar och sprids, så att nya bestånd kan etablera sig. Med hjälp av konstgjord fragmentering kan även människan hjälpa blåstången att etablera sig. Genom att ta bort avlagringar och skapa god växtmiljö för blåstången, kan vi hjälpa blåstången att etablera sig längs med kusterna.

En annan viktig del i blåstångens reproduktion och rekrytering är dess två reproduktiva perioder. Enligt Berger *et al.* (2003) påverkas populationer som har sommar- och höst-reproduktion olika mycket av olika faktorer. De med höst-reproduktion påverkas mest av den höga sedimenteringshastigheten under hösten och de med sommar-reproduktion påverkas mest av konkurrens med trådformiga alger. I ett område med lite sedimentering skulle det alltså vara fördel att vara höst-reproducerande för att undvika konkurrens. Geografiska mönster i reproduktionstid går redan att se, där populationer i norra Östersjön främst släpper sina gameter under sommaren (Bäck *et al.* 1991, Berger *et al.* 2001). Genom att blåstången gör lokala anpassningar till vilken reproduktionsperiod som passar bäst utifrån sedimentering och trådformiga alger kan det vara en faktor som kan leda till att blåstången återhämtar sig.

I det relativt artfattiga Östersjön utgör blåstången det mest artrika samhället, där 70 % av havets djur på ett eller annat sätt beroende av blåstången. Försvinnande av blåstången skulle påverka stora delar av ekosystemet eftersom den utgör en viktig livsmiljö för många arter. Om blåstången försvann över stora områden skulle det påverka bottenmiljöns struktur, produktiviteten i kustområdet och få en negativ påverkan på fiskproduktionen eftersom många fiskar använder blåstången som föda och skydd. När näringsmängden ökar ersätts blåstången av trådformiga årliga alger som inte är lika nischrika och diversa som blåstången. Det finns ingen annan makroalg som skulle kunna ersätta blåstångens ekologiska funktion som strukturerande faktor i bottenmiljön i Östersjön (Kautsky *et al.* 1992, Rangeley & Kramer 1995).

Resultatet av mitt arbete visar att de faktorer som har den största påverkan på blåstångens förekomst är konkurrens om solljus och ytor. Det är de indirekta effekterna av övergödningen som har den största negativa inverkan på blåstångens förekomst i Östersjön. De adulta plantorna påverkas mest av den minskade ljusstillgången, medan groddarna påverkas mest av ökad sedimentering och konkurrens med trådformiga alger. Då blåstången redan lever nära sin toleransgräns kan saltstress öka effekterna av andra störningar, till exempel giftiga ämnen, och bidra till ännu sämre rekrytering av individer.

Sedan många år tillbaka har den generella trenden varit att blåstången minskar i Östersjön. På några platser i Östersjön har blåstångens förekomst på djupare vatten dock ökat under 2008. Även om forskare har sett förbättringar är det långt kvar tills blåstången når den utbredning den hade under 1940-talet (Karlsson *et al.* 2009). Blåstångens upp- eller nergång i framtiden är svår att förutsäga. Det behövs fler långtidsstudier för att kunna förstå och förutspå blåstångens populationsdynamik, men blåstångens anpassningsförmåga och reproduktiva finesser gör att den har goda möjligheter att återhämta sig. Vilket stadium som är viktigast för blåstången är svårt att få klarhet i, men om de adulta plantorna försvinner minskar möjligheten för rekrytering av nya individer. Eftersom groddarna är känsliga och har hög dödlighet, är det extra viktigt att adulterna överlever och fortsätter reproducera sig. Groddens förmåga att kunna stanna i vila och invänta goda förhållanden kan därför vara väldigt viktig för blåstångens framtid (Creed *et al.* 1996).

På grund av samhällets utveckling har människan orsakat övergödning, vilket har påverkat blåstångens förekomst negativt. När kortlivade trådformiga alger ökar på bekostnad av blåstången, försvinner livsviktiga habitat från Östersjön. Därför måste vi nu med ökat

engagemang minska utsläppen och återskapa goda förhållanden för blåstången att växa i. Allt för att blåstången ska fortsätta utgöra det största och viktigaste habitatet i Östersjöns bottensamhälle.

Tack

Jenny Clasenius för goda råd och korrekturläsning, Katariina Kiviniemi Birgersson för handledning, Sonja Råberg för att jag fick använda din bild till min framsida samt min roliga och väldigt kunniga seminariegrupp; Karolina Wikström, Anna Norder och Iwa Lee.

Referenser

- Andersson S, Kautsky L, Kautsky N. 1992. Effects of salinity and bromine on zygotes and embryos of *Fucus vesiculosus* from the Baltic Sea. *Marine Biology* **114**: 661-665.
- Andersson S, Kautsky L. 1996. Copper effects on reproductive stages of Baltic Sea *Fucus vesiculosus*. *Marine Biology* **125**: 171-176.
- Andersson L, Hallberg R. 2000. Svår syrebrist- ingen ny historia. I: Tidlund A (red.). Miljö tillståndet i Egentliga Östersjön - Årsrapport 2000, ss. 55-59. Stockholms Marina Forskningscentrum, Stockholm.
- Banas C, Vollaire Y, Danger M, Thomas M, Oliveira-Ribeiro CA, Roche H and Ledore Y. 2009. Can we use stable isotopes for ecotoxicological studies? Effect of DDT on isotopic fractionation in *Perca fluviatilis*. *Chemosphere* **76**: 734-739.
- Barber I. 2003. Parasites and size-assortative schooling in three-spined sticklebacks. *Oikos* **101**: 331-337.
- Berger R, Malm T, Kautsky L. 2001. Two reproductive strategies in Baltic *Fucus vesiculosus* (Phaeophyceae). *European Journal of Phycology* **36**: 265-273.
- Berger R, Henriksson E, Kautsky L, Malm T. 2003. Effects of filamentous algae and deposited matter on the survival of *Fucus vesiculosus* L. germlings in the Baltic Sea. *Aquatic Ecology* **37**: 1-11.
- Berger R, Bergström L, Granéli E, Kautsky L. 2004. How does eutrophication affect different life stages of *Fucus vesiculosus* in the Baltic Sea? - A conceptual model. *Hydrobiologia* **514**: 243-248.
- Bergström L, Berger R, Kautsky L. 2003. Negative direct effects of nutrient enrichment on the establishment of *Fucus vesiculosus* in the Baltic Sea. *European Journal of Phycology* **38**: 41-46.
- Bonsdorff E. 2004. Östersjön-ett ekosystem i konstant förändring. Tidskriften Skärgård **4**: 1-9. WWW-dokument: <http://www.skargard.fi/2004-4/bonsdorff.htm>. Hämtad 2009-12-01.
- Bäck S, Collins JC, Russell G. 1991. Aspects of the reproductive biology of *Fucus vesiculosus* from the coast of SW Finland. *Ophelia* **34**: 129-141.
- Creed JC, Norton AT, Kain JM. 1996. Are neighbours harmful or helpful in *Fucus vesiculosus* populations? *Marine Ecology Progress Series* **133**: 191-201.
- Dybbro T, Elmquist H. 2007. Vad jag finner på havsstranden. Politikens förlag A/S, Danmark och Prisma, Stockholm.
- Engkvist R, Malm T, Tobiasson S. 2000. Density dependent grazing effects of the isopod *Idotea baltica* Pallas on *Fucus vesiculosus* L in the Baltic Sea. *Aquatic Ecology* **34**: 253-260.

- Fonselius S. 1995. Havsvattnet. I: Västerhavets och Östersjöns oceanografi, ss 47. SMHI, Oceanografiska laboratoriet. Västra Frölunda.
- Hemmi A, Jormalainen V. 2002. Nutrient enhancement increases performance of a marine herbivore via quality of its food alga. *Ecology* **83**: 1052-1064.
- Hoffmann AJ, Santelices B. 1991. Banks of algal microscopic forms: hypotheses on their functioning and comparisons with seed banks. *Mar Ecol Prog Ser* **79**:185–194.
- Ignatius H, Axberg S, Niemistö L, Winterhalter B. 1981. Quaternary geology of the Baltic Sea. I: Voipio A (red.). *The Baltic Sea*, ss. 54-104. Elsevier scientific publishing company, Amsterdam.
- Karlsson J, Tobiasson S, Kautsky H. 2009. Havets växter berättar. I: Viklund K (red.). *Havet 2009*, ss. 44-47. Naturvårdsverket, Växjö.
- Kautsky N, Kautsky H, Kautsky U, Waern M. 1986. Decreased depth penetration of *Fucus vesiculosus* (L.) since the 1940s indicates eutrophication of the Baltic Sea. *Marine Ecology* **28**: 1-8.
- Kautsky H, Kautsky L, Kautsky N, Kautsky U, Lindblad C. 1992. Studies on the *Fucus vesiculosus* community in the Baltic sea. *Acta Phytogeographica Suecica* **78**: 33- 47.
- Kautsky L, Asplund L. 2006. Tångskog eller trådalgmattor? I: Johansson B (red.). *Östersjön- hot och hopp*, ss.125-136. Formas, Stockholm.
- Kautsky L. 2009. Blåstångens (*Fucus vesiculosus*) märkliga livscykel. WWW-dokument: <http://www.azote.se/index.asp?q=illustration%20%D6stersj%F6n&id=2809&p=25>. Hämtad 2009-12-03.
- Klemens Eriksson B, Johansson G. 2003. Sedimentation reduces recruitment success of *Fucus vesiculosus* (Phaeophyceae) in the Baltic Sea. *European Journal of Phycology* **38**: 217-222.
- Korpinen S, Jormalainen V, Honkanen T. 2007. Effects of nutrients, herbivory, and depth on the macroalgal community in the Rocky sublittoral. *Ecology* **88**: 839-852.
- Korpinen S, Jormalainen V. 2008. Grazing and nutrients reduce recruitment success of *Fucus vesiculosus* L. (Fucales: Phaeophyceae) *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **78**: 437-444.
- Kotta J, Ólafsson E. 2003. Competition for food between the introduced polychaete *Marenzelleria viridis* (Verrill) and the native amphipod *Monoporeia affinis* Lindström in the Baltic Sea. *Journal of Sea Research* **50**: 27-35.
- Larsson U, Elmgren R, Wulff F. 1985. Eutrophication and the Baltic Sea: Causes and Consequences. *Ambio* **14**: 9-14.
- Magnhagen C, Kvarnemo L. 1989. Big is better: The importance of size for reproductive success in male *Pomatoschistus minutus* (Pallas) (Pisces, Gobiidae). *Journal of Fish Biology* **35**: 755-763.
- Malm T, Kautsky L. 2003. Differences in life-history characteristics are consistent with the vertical distribution pattern of *Fucus Serratus* and *Fucus Vesiculosus* (Fucales, Phaeophyceae) in the central Baltic Sea. *Journal of Phycology* **39**: 880-887.
- Naturskyddsforeningen 2009. Övergödningen i Östersjön. WWW-dokument 2008-10-09: <http://www.naturskyddsforeningen.se/natur-och-miljo/hav-och-fiske/ostersjon/overgodningen-i-ostersjon/>. Hämtad 2009-11-05.
- Naturvårdsverket 2009a. Övergödning av havet. WWW-dokument 2009-10-20: <http://www.naturvardsverket.se/sv/Tillstandet-i-miljon/Livsmiljoer-och-arter/Havsmiljon/Naringstillstandet-i-havet/Overgodning-av-havet/>. Hämtad 2009-11-05.

- Naturvårdsverket 2009b. Näringstillståndet i havet. WWW-dokument 2009-10-20:
<http://www.naturvardsverket.se/sv/Tillstandet-i-miljon/Livsmiljoer-och-arter/Havsmiljon/Naringstillstandet-i-havet/> . Hämtad 2009-11-05.
- Pereyra RT, Bergström L, Kautsky L, Johannesson K. 2009. Rapid speciation in a new opened postglacial marine environment, the Baltic Sea. *BMC Evolutionary Biology* **9**: 1-9.
- Rangeley R, Kramer D. 1995. Use of rocky intertidal habitats by juvenile Pollock *Pollachius virens*. *Marine ecology progress series* **126**: 9-17.
- Rohde S, Hiebenthal C, Wahl M, Karez R, Bischof K. 2008. Decreased depth distribution of *Fucus vesiculosus* (Phaeophyceae) in the Western Baltic: effects of light deficiency and epibionts on growth and photosynthesis. *European Journal of Phycology* **43**: 143-150.
- Rodhe S, Fonselius S. 2009a. Nationalencyklopedin. WWW- dokument:
<http://www.ne.se/%C3%B6stersj%C3%B6n/indelning-och-morfologi>. Hämtad: 2009-10-28.
- Rodhe S, Fonselius S. 2009b. Nationalencyklopedin. WWW- dokument:
<http://www.ne.se/%C3%B6stersj%C3%B6n/oceanografi/vattenbalans>. Hämtad: 2009-10-28.
- Roos C, Rönnberg O, Berglund J, Alm A. 2004. Long-term changes in macroalgal communities along ferry routes in a northern Baltic archipelago. *Nordic Journal of Botany* **23**: 247-259.
- Russell G. 1985. Recent evolutionary changes in the algae of the Baltic Sea. *British Phycological Journal* **20**: 87-104.
- Råberg S. 2007. Trophic effects on the maintenance of biodiversity in the *Fucus* zone. Doktorsavhandling, Botaniska institutionen, Stockholms universitet.
- Rönnberg O, Östmann T, Ådjers K. 1992. Effects of ferry traffic on the metal content of *Fucus vesiculosus* in the Åland archipelago, Northern Baltic sea. *Acta Phytogeographica Suecica* **78**: 95-99.
- Sandén P, Håkansson B. 1996. Long-term trends in Secchi depth in the Baltic Sea. *Limnology Oceanography* **41**: 346-351.
- Serrão EA, Kautsky L, Brawley SH. 1996a. Distributional success of the marine seaweed *Fucus vesiculosus* L. in the brackish Baltic Sea correlates with osmotic capabilities of Baltic gametes. *Oecologia* **107**: 1-12.
- Serrão EA, Pearson G, Kautsky L, Brawley SH. 1996b. Successful external fertilization in turbulent environments. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **93**: 5286-5290.
- Serrão EA, Kautsky L, Lifvergren T, Brawley SH. 1997. Gamete dispersal and pre-recruitment mortality in Baltic *Fucus vesiculosus*. *Phycologia Supplement* **36**: 101-102.
- Serrão EA, Brawley SH, Hedman J, Kautsky L, Samuelsson G. 1999. Reproductive success of *Fucus vesiculosus* (Phaeophyceae) in the Baltic Sea. *Journal of Phycology* **35**: 254-269.
- Sundelin B, Ryk C, Malmberg G. 2000. Effects on the Sexual Maturation of the Sediment-Living Amphipod *Monoporeia Affinis*. *Environmental Toxicology* **15**: 518-526.
- Söderlund S, Pedersén M. 1993. Algerna i havet, en miljö i förändring. Carlssons bokförlag, Spanien.
- Tarnowska K. 2009. Comparative studies on the morphometry and physiology of European populations of the lagoon specialist *Cerastoderma glaucum* (Bivalvia). *Oceanologia* **51**: 437-458.

- Tatarenkov A, Bergström L, Jönsson RB, Serrao, Kautsky L, Johannesson K. 2005. Intriguing asexual life in marginal populations of the brown seaweed *Fucus vesiculosus*. *Molecular Ecology* **14**:647-651.
- Tolstoy A, Österlund K. 2003. Alger vid Sveriges Östersjökust- en fotoflora. ArtDatabanken, SLU, Uppsala.
- Vogt H, Schramm W. 1991. Conspicuous decline of *Fucus* in Kiel Bay (Western Baltic): What are the causes? *Marine Ecology Progress Series* **69**:189-194.
- Worm B, Lotze HK, Boström C, Engkvist R, Labanauskas V, Sommer U. 1999. Marine diversity shift linked to interactions among grazers, nutrients and propagule banks. *Marine Ecology Progress Series* **185**:309-314.
- Wulff F, Stigebrandt A, Rahm L. 1990. Nutrient dynamics of the Baltic Sea. *Ambio* **19**:126-133.
- Wallentinus I. 1991. The Baltic Sea gradient. I *Ecosystems of the world* 24. Intertidal and littoral ecosystems, red Matheison AC, Nienhuis PH, Elsevier.