

# En undersökning av potentiellt odlingsbara makroalger i Hanöbukten, Östersjön



Kandidatuppsats  
Naturvård och artmångfald 180 hp  
Biologi 15 hp  
Halmstad 2023-05-24  
Beatrice Persson

## Sammanfattning

I framtiden kan odling av alger som livsmedel ta en allt större plats i Sverige. Men detta område är fortfarande nytt i Europa och den mesta skörden idag kommer från vilda bestånd. I Sverige finns endast odling på västkusten men forskning pågår om det är möjligt att börja odla makroalger även i Östersjön. Östersjön har helt andra biologiska förutsättningar än västkusten, och en av utmaningarna är den låga salthalten som begränsar vilka arter som kan leva i Östersjön. Detta är något som Marint centrum i Simrishamn också forskar om i projektet *Tångkusten* som denna studien är en del av. Syftet med denna studien är att genom en litteraturstudie sammanställa tillgänglig kunskap om vilka alger som är odlingsbara och hur livscyklerna hos dessa alger ser ut. Även en inventering av de makroalger som finns lokalt i Hanöbukten genomfördes. Utifrån denna information diskuteras möjliga odlingsmetoder och vilka fördelar som finns med respektive art, men även vilka utmaningar som kan uppstå.

Resultatet visade att de mest förekommande arterna var fintrådiga brunalger, blåstång och sågtång. De arter som bedöms vara mest odlingsbara är rörhinna och havssallat. Även gaffeltång, blåstång och sågtång bedöms ha en viss odlingspotential. Bland de största utmaningarna är påväxt av fintrådiga epifyter samt att hitta en lämplig plats att odla på.

## Abstract

In the future, the cultivation of algae for food may become increasingly important in Sweden. But this area is still new in Europe and most of the harvest today comes from wild stocks. In Sweden, cultivation is only available on the west coast, but research is underway to see if it is possible to start cultivating macroalgae in the Baltic Sea as well. The Baltic Sea has completely different biological conditions than the west coast, and one of the challenges is the low salinity, which limits the species that can live in the Baltic Sea. This is something that the Marine Center in Simrishamn is also researching in the project *Tångkusten*, of which this study is a part of. The purpose of this study is to use a literature study to compile available knowledge about which algae that has the potential to be cultivated in the future and what the life cycles of these algae look like. An inventory of the macroalgae found locally in Hanöbukten was also carried out. Based on this information, possible cultivation methods and the advantages of each species are discussed, but also the challenges that may arise.

The results showed that the most abundant species were filamentous brown algae, bladder wrack and saw wrack. The species deemed most cultivable are gut weed and sea lettuce. Clawed fork weed, bladder wrack and saw wrack are also considered to have some cultivation potential. Among the biggest challenges are the growth of epiphytic algae and finding a suitable site for cultivation.

## Ordlista

**Apikalt meristem:** Vävnad hos växter där tillväxt sker genom celldelning. Apikalt innebär att tillväxten sker i toppen eller roten.

**Diploid:** Celler med dubbel kromosomuppsättning.

**Gameter:** Könsceller

**Gametofyt:** En haploid livsfas hos alger som bildar gameter vid förökning.

**Haploid:** Celler med enkel kromosomuppsättning.

**Heteromorf:** De olika stadierna i algens livscykel är morfologiskt olika och möjliga att särskilja.

**Isomorf:** Gametofytfasen och sporofytfasen är morfologiskt lika varandra och svåra att särskilja.

**Makroalger:** Benämns även som tång. Alger som är så pass stora att man kan se dem med blotta ögat till skillnad från mikroalger (växtplankton).

**Sporofyt:** En diploid livsfas som bildar sporer vid förökning.

**Zoosporer:** Vid asexuell förökning bildas zoosporer som växer upp till vuxen sporofyt utan att befruktning sker.

**Zygot:** Cell som bildas efter att haploida gameter sammansmälter vid befruktning.

## Introduktion

En av de utmaningar som mänskligheten står inför i framtiden är den ökande befolkningens mängden, vilket innebär att det kommer behövas fler lösningar på hur vi kan försörja alla människor med mat, mediciner, djurfoder, bränsle och andra nödvändigheter som utvinns av naturresurser (Kotta m.fl., 2022; Roberts & Upham, 2012). I Sveriges livsmedelsstrategi är det övergripande målet att livsmedelsproduktionen ska öka samtidigt som man ska uppnå de nationella miljömålen. Med en ökad produktion kan självförsörjningsgraden öka samtidigt som sårbarheten i livsmedelskedjan minskar (Regeringskansliet, 2017). En del av lösningen för att uppnå livsmedelsstrategin kan vara att börja odla makroalger (även kallat tång) för matproduktion i större utsträckning. Alger innehåller flera viktiga näringsämnen som kolhydrater, protein, vitaminer och antioxidanter och är ett vanligt livsmedel i andra delar av världen (Rahikainen & Yang, 2021). En annan fördel med algodling i havet är att man inte behöver avsätta mer jordbruksmark eller sötvatten till odlingen samt att algerna växer snabbt jämfört med terrestra grödor (Van Oirschot m.fl., 2017). En annan viktig ekosystemtjänst som alger bidrar med är dels att de är fotosyntetiserande växter som binder koldioxid och producerar syre, och i denna process tar de också upp näring som kväve och fosfor vilka är de ämnen som bidrar mest till övergödning i våra hav (Armoskaite, Barda, Purina, m.fl., 2021).

Den största andelen producerade alger för just matkonsumtion sker i Asien och då främst genom odling medan de alger som används för matproduktion i Europa är framförallt skördade från vilda bestånd (Rahikainen & Yang, 2021). Även om alger innehåller hälsofrämjande ämnen så kan de även ackumulera skadliga ämnen som tungmetaller, och än så länge finns det inte någon specifik livsmedelslagstiftning angående alger som livsmedel inom EU (Livsmedelsverket, 2023) men data om skadliga ämnen är under uppsikt för att lämpliga maxgränser ska kunna sättas för konsumtion (FAO och WHO, 2022). I Sverige finns i nuläget två kommersiella algodlingar som båda ligger på västkusten (Nordic SeaFarm och Ten Island Seafarm) som båda odlar brunalgen sockertång (*Saccharina latissima*). Det är den art som odlas kommersiellt i Sverige och som det finns en beprövad odlingsmetod för (Armoskaite, Barda, Andersone, m.fl., 2021). Nordic SeaFarm har även nyligen utvecklat en

odlingsmetod för att odla havssallat (*Ulva fenestrata*) direkt i havet och detta kommer finansieras av EUs projekt Blueinvest som satsar på havsbaserade livsmedel (Nordic SeaFarm, 2023). Det finns i nuläget ingen svensk eller internationell kommersiell odling i Östersjön då de marina förutsättningarna är annorlunda jämfört med västkusten. De mest kända miljöfaktorerna som påverkar förutsättningarna för algodling är främst temperatur, salinitet, näringstillgång, ljus samt vattnets rörelsemönster (Visch, 2019).

## Östersjöns förutsättningar

Östersjön skiljer sig från Västerhavet ur flera aspekter: det är innanhav som är relativt avskilt från andra hav och vattenutbytet med Nordsjön (via Kattegatt och Skagerrak) är begränsat av att sunden där vattenutbytet sker är grunda och smala (Snoeijs-Lejonmalm & Andrén, 2017). Detta bidrar till att vattenomsättningen är långsam och man räknar med att det tar omkring 30-40 år för vattnet att bytas ut (Snoeijs-Lejonmalm & Andrén, 2017). Östersjön är världens näst största vattenmassa av bräckt vatten efter Svarta havet (WWF, 2023) och har en tydlig salinitetsgradient på omkring 10 psu i det södra området (Egentliga Östersjön) till lägre än 5 psu i Bottenhavet i norra delen (Nielsen m.fl., 2016). I oceaniskt vatten är salthalten på omkring 35 ppm (WWF, 2023). Salinitetsgradienten (eller språngskiktet) skapas av det begränsade vattenutbytet kombinerat med ett stort inflöde av sötvatten från älvar, floder och åar från de nio länder som gränsar till Östersjön (Snoeijs-Lejonmalm & Andrén, 2017). Detta inflöde av sötvatten innebär en hög grad av antropogen påverkan i form av näringsämnen som följer med sötvattnet ut och bidrar till eutrofiering och föroreningar (Liblik m.fl., 2018).

Övergödningen och den låga salthalten innebär en påfrestning för de arter som lever i Östersjön och en begränsning av vilka arter som klarar att leva under dessa förutsättningar. Därför finns det endast ett fåtal arter makroalger i Östersjön och ännu färre som idag skördas. Gaffeltång (*Furcellaria lumbricalis*) är den enda art som idag skördas kommersiellt och detta sker utanför Estland genom trålning av tången. Idag finns det inga etablerade metoder för odling av makroalger i Östersjön (Armoskaite, Barda, Purina, m.fl., 2021). Mellan 2019-2021 pågick forskningsprojektet *Growing Algae Sustainably in the Baltic Sea* (GRASS) för att kunna odla makroalger på ett hållbart sätt i Östersjöregionen, med målet att underlätta lagstiftningen kring produktionen och användningen av makroalger genom att reducera kunskapsglappet inom algodling (Submariner Network, u.å.). Bland de arter som GRASS bedömt vara möjliga att börja odla är blåstång (*Fucus vesiculosus*), rörhinna (*Ulva intestinalis*) och gaffeltång (Kulikowski m.fl., 2021).

## Odlingsmetoder

Man kan odla alger på flera olika sätt och vilken odlingsmetod som är lämplig varierar mellan de olika arterna och beror på flera faktorer, där en av de viktigaste faktorerna att ta hänsyn till är vilken förökningsstrategi som algen man vill odla har. Det finns flera variabler som är avgörande för vilken förökningsstrategi som används, bland annat har studier visat att i en stressande miljö föredrar vissa alger att föröka sig asexuellt istället för sexuellt. Detta är en vanlig strategi i just Östersjön där den låga salthalten är en stressfaktor (Hatchett m.fl., 2022). Andra avgörande variabler som påverkar groningen hos sporer är vattentemperaturen, ljusstillgång och näringstillgång (Sahoo & Yarish, 2005) och därför är det viktigt att utsättningen av plantorna som ska odlas i havet sker vid rätt tidpunkt på året samt på platser där näringstillförseln är tillräckligt hög.

En vanlig odlingsmetod är att använda sig av vegetativ förökning då fragment som består av apikalt meristem klipps av från algen och får växa till sig och bilda ny biomassa. Vanligast är att fragmenten fästs på rep men även andra substrat kan användas, eller så kan makroalgerna



flyta fritt i vattnet t.ex. i nätburar eller plastkorgar och växa till sig. I denna metod är det endast det adulta, makroskopiska stadiet i algens livscykel som kultiveras. (Meichssner m.fl., 2021b). Vegetativ odling kan även göras på bottensubstrat genom att fästa alfragmenten direkt på botten eller fästa dem i något som tynger ner dem (Sahoo & Yarish, 2005). Denna bottenodling förekommer främst i tropiska vatten (Brzeska-Roszczyk m.fl., 2017).

En annan vanlig odlingsmetod är långline-metoden (long line method) (Brzeska-Roszczyk m.fl., 2017) vilket innebär att zoosporer från reproduktiva alger extraheras och hanteras under uppsikt i laboratorium (Visch, 2019). Dessa får sedan växa fast på tunna linor som oftast är snurrade runt en spole. Dessa linor fästs efter groningen vertikalt längs med ett tjockare rep som flyter horisontellt på ett bestämt djup i havet, vanligtvis kring 2 meter för optimalt ljusinsläpp. Det tjocka repet hålls upp av flytanordningar som är förankrade i botten (Göteborgs Universitet, 2021: Visch, 2019). Denna typ av odling brukar placeras nära kusten eftersom det där finns tillräckligt mycket vågor som bidrar med tillförsel av näringsämnen, men även för att vågorna begränsar påväxt av annan växtlighet utanpå makroalgerna, även kallat biofouling (Visch, 2019). Till skillnad från vegetativ odling så måste man här ta hand om algerna under flera livsstadier, och under kontrollerade förhållanden i laborationsmiljö.

Sporerna kan samlas in från vilda bestånd eller så samlar man in vuxna alger och låter dem föröka sig under kontrollerad form inomhus (Titlyanov & Titlyanova, 2010). Alger kan även odlas helt inomhus i akvarier, eller i tankar eller bassänger om man vill ha full kontroll på hela processen. Fördelen med att odla under kontrollerade former är att med artificiell förökning och groningen så är all biomassa i samma ålder och livsstadie, och man är inte beroende av rådande utomhusklimat. En annan fördel är att risken för att epifyter och skadedjur får fäste minskar eftersom man använder sterilt havsvatten (Steinhagen, Larsson, m.fl., 2022). Den största nackdelen med att odla inomhus eller i utomhus i tankar är att det är en väldigt kostsam process som kräver mycket arbete och resurser, bland annat rening av vatten, energiförbrukning till reglering av ljus och temperatur samt tillförsel av näring, och ett av problemen inom europeisk algodling är att skörden är för dyr i förhållande till kostnaden för att få fram tillräckligt med biomassa (Steinhagen m.fl., 2021).

Det finns stort behov av fler studier kopplat till algodling om det ska kunna öka i Sverige generellt och i Östersjön i synnerhet. Det behövs mer kunskap om vilka arter som växer i vilka områden, och vilka förutsättningar det finns för att odla dem. En ytterligare aspekt som behöver undersökas mer är hur livscyklerna ser ut för olika arterna samt vilka faktorer som påverkar var algerna växer i nuläget för att hitta lämpliga odlingsområden.

## **Hanöbukten**

Kusten vid östra Skåne upp till och med Blekinge räknas till Hanöbukten och tillhör området Egentliga Östersjön. Hanöbukten är präglad av mänsklig påverkan i form av avrinning via åar och vattendrag, sjöfart och industrier, allt detta resulterar i olika problem, bland annat övergödning, brunifiering och tidigare år fiskdöd (Göteborgs universitet, 2018).

Miljöövervakning sker inom Hanöbukten dels av olika myndigheter och dels inom recipientkontrollprogrammet som leds av Vattenvårdsförbundet för Västra Hanöbukten (Hanömiljö, u.å.). Under 2021 genomfördes olika kemiska, fysikaliska och biologiska undersökningar i Hanöbukten, och bland dem en inventering av lokala makroalger (Tobiasson m.fl., 2022). Denna inventering sker regelbundet på en plats söder om Simrishamn (Simris). Vid inventeringen bedömde man att makroalgerna såg friska ut, men att man även identifierade en signifikant minskning av blåstång och sågtång (*Fucus serratus*) på vissa av lokalerna men att sågtång ökat på en av lokalerna jämfört med tidigare år. Även mängden

fintrådiga alger tenderar att öka enligt samma rapport, och påväxt av fintrådiga alger på andra makroalger är inte bara ett problem genom att tången skuggas och får sämre chans att fotosyntetisera, utan det är även ett problem vid förökning då befruktade ägg får svårare att fästa på substratet om det redan är täckt av fintrådiga alger (Kautsky m.fl., 2020).

## Syften

I samarbete med Marint centrum i Simrishamn så fick jag chansen att undersöka vilka arter av makroalger som växer längs Simrishamns kust i Hanöbukten och göra en litteraturundersökning av algernas livscyklar, växtperioder och förökningsstrategier.

Huvudsyftet med denna studie är att sammanställa kunskap om vilka makroalger som kan passa för odling i Östersjön, framförallt i Hanöbukten kring Simrishamns kust. Studien är en del av det större utvecklingsprojektet *Tångkusten* på Marint centrum i Simrishamn (Marint centrum, 2022). Projektet undersöker förutsättningarna för att börja odla alger i Östersjön.

Min studie bidrar med ett underlag till projektet *Tångkusten* genom att

1. Genomföra en inventering för att identifiera lokala arter av alger som förekommer vid Simrishamns kust och kartlägga lokalerna de växer på.
2. Skapa ett kunskapsunderlag som innefattar vilka arter som är potentiellt odlingsbara utefter vilka som förekommer naturligt i området, hur livscyklerna för dessa arter ser ut samt vilka odlingsmetoder som är bäst lämpade.

## Material och metod

För att ta reda på vilka arter som växer lokalt längs Simrishamns kust utfördes en inventering på ett antal utvalda lokaler. Dessa lokaler valdes ut baserat på potentiellt intresse för odling av Marint centrum och för att lokalerna inte är alltför exploaterade av turism då turismen i sig är väldigt stor under somrarna på Österlen. Hårdbottenssubstrat är en viktig aspekt då de flesta makroalgerna växer på hårda, steniga bottnar. Genom analys av satellitbilder var det möjligt att se var detta hårda substrat finns vilket gav indikation på var inventeringen kunde äga rum.

Tabell 1. Inventerade lokaler längs Simrishamns kust.

Lokal	Koordinater (WGS84)
Brantevik	55°31'8.1"N 14°20'50.6"Ö
Brantevik Gislövs hammar 1	55°29'17"N 14°18'59"Ö
Brantevik Gislövs hammar 2	55°29'11"N 14°19'5"Ö
Vårhallen 1	55°34'59.9"N 14°20'5.9"Ö
Vårhallen 2	55°34'58"N 14°20'5.9"Ö
Viks klippor/prästens badkar	55°35'45"N 14°18'47"Ö
Kivik hölen	55°41'14.4"N 14°13'52.9"Ö



Figur 1a: Sverige och Simrishamns kust utmarkerad. Källa: Wikimedia Commons (2023).

Figur 1b: Lokalerna där inventeringen ägde rum. Källa: Lantmäteriet (2023).

### Inventeringsmetod

Inventeringen genomfördes med transekter från stranden och 25 meter ut i vattnet. Längs transekten inventerades 5 rutor på 1x1 meter, där den första rutan som inventerades var 25 ut och därefter inventerades en ny ruta var fjärde meter. Rutan byggdes av PVC-rör och var flytande på vattenytan. Inom rutorna observerades (med hjälp av vattenkikare) alla arter av makroalger som växte på bottensubstratet. Därefter gjordes en uppskattning av hur stor täckningsgrad varje art täckte inom rutan, vilket angavs i procent. Om någon art inte var identifierbar på plats så togs ett prov med tillbaka till laboratoriet och artbestämdes med hjälp av stereolupp och fälthandbok (Hansen, 2015) där istället. Inventeringen ägde rum 11, 18, 24 och 28 april och 1 maj 2023, och då temperaturen i vattnet uppmättes till omkring 10°C så användes vadarstövlar. Djupet vid transekterna uppskattades variera från 1 meter till 0,1 meter.



Figur 2: Vid inventeringen användes undervattenskikare, måttband och en 1x1 meter provruta av PVC-rör. Foto: Beatrice Persson

På två av lokalerna (Brantevik och Vik/prästens badkar) undersöktes och inventerades även hållkar, då några av arterna etablerade sig i högre grad i denna typ av miljö. De undersökta hållkaren delades upp som stora eller små hållkar och inventerades för att uppskatta om artförekomst och sedan för att kunna avgöra om artförekomst skilde sig beroende på hållkarens storlek.

För att ta reda på om det fanns signifikanta skillnader i täckningsgrad mellan de undersökta lokalerna gjordes ett One-Way ANOVA-test, och för att ta reda på om det fanns signifikanta korrelationer mellan förekommande arter genomfördes Pearson-tester och Spearman-tester. Jämförelser av täckningsgrader hos de två mest skilda lokalerna gällande artförekomst och täckningsgrad gjordes med ett Mann-Whitney U-test. Dessa statistiska analyser gjordes i IBM SPSS version 28. Microsoft Excel användes för att skapa figurer för att visualisera artförekomsten i de olika lokalerna.

### **Litteraturstudien**

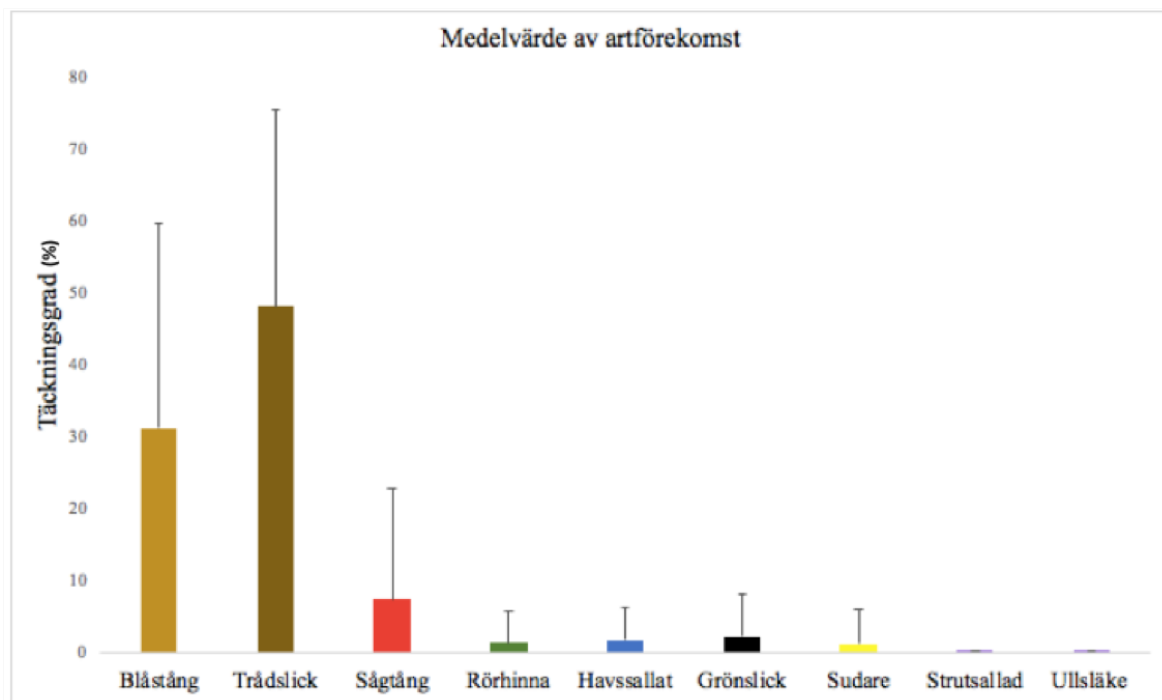
Den teoretiska delen av rapporten bestod av en litteraturstudie för att ta reda på vilka arter som förekommer i Östersjön och vilka livscyklar de har. Denna information sammanfattades i en tabell med detaljerad information om de olika algernas livscyklar och förökningsstrategier. En bedömning av algernas odlingspotential sammanfattades i en egen tabell. Denna bedömning baserades på ett antal kriterier skapade specifikt för denna studien för att bedöma vilka alger som har störst respektive lägst odlingspotential. De arter som hittades under själva inventeringen utgjorde majoriteten av de arter som undersöktes vidare i litteraturstudien, eftersom vilka arter som förekommer lokalt är en avgörande faktor för om de är odlingsbara. Bland de mest relevanta kriterierna var om algerna redan odlas eller om försök med odling pågår. Det innebär att en stor del av den insamlade informationen berörde detta och med vilka metoder som i så fall använts under odlingen. Informationen samlades in från vetenskapliga artiklar från databaserna Web of Science och Google Scholar, från böcker, tidskrifter och hemsidor.

## **Resultat**

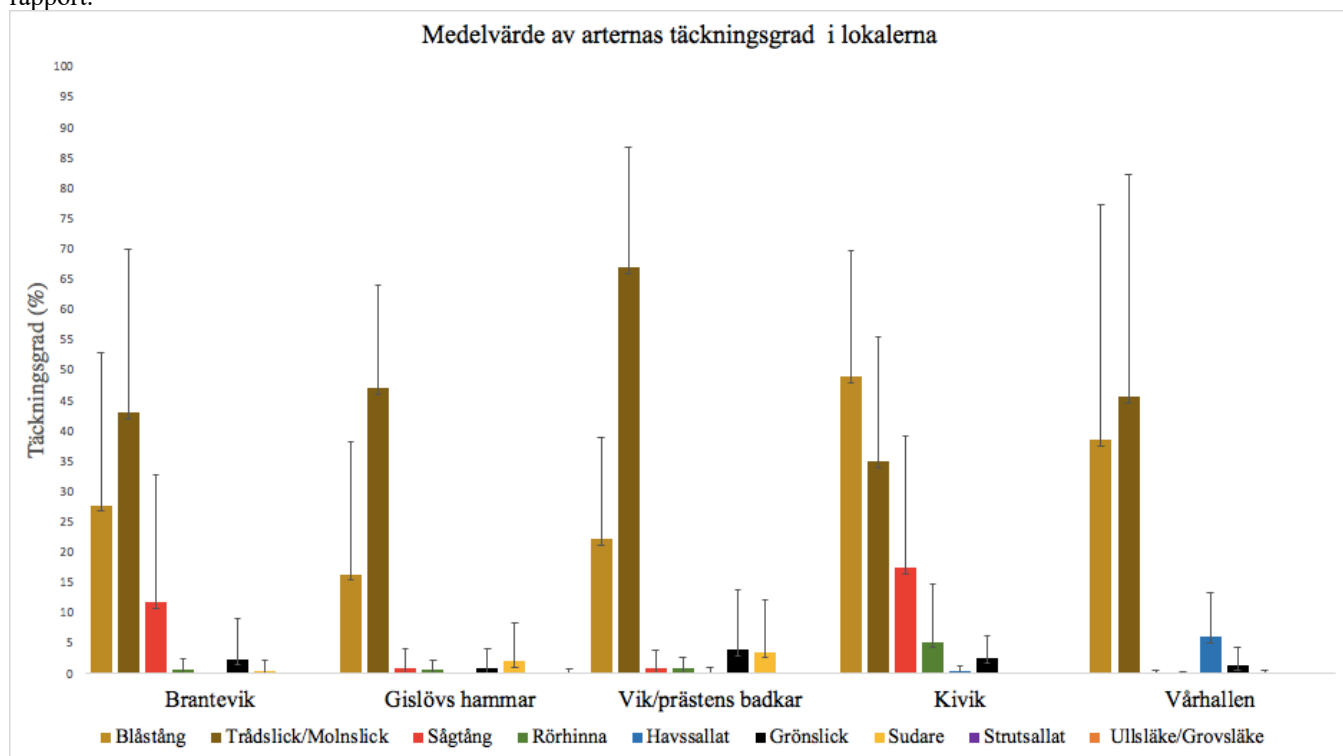
### **Förekomst och täckningsgrad**

Sammanlagt nio arter hittades under inventeringen: blåstång (*Fucus vesiculosus*), sågtång (*Fucus serratus*), rörhinna (*Ulva intestinalis*), havssallat (*Ulva fenestrata*), grönslick (*Cladophora glomerata*) sudare (*Chorda filum*), strutsallad (*Monostroma grevillei*), ullsläke (*Ceramium tenuicorne*) och trådslick alternativt molnslick (*Pylaiella littoralis/Ectocarpus siliculosus*). Trådslick och molnslick är morfologiskt väldigt lika och svåra att urskilja från varandra (Hansen, 2015) så dessa räknades som samma art i denna rapport. Även i Hanöbukts rapport 2021 slogs dessa två arter ihop under inventeringen där de benämns som "brun tråd" (Tobiasson m.fl., 2022). De arterna med högst sammanlagd täckningsgrad var blåstång och trådslick/molnslick. Strutsallad och ullsläke förekom endast en gång vardera under hela inventeringen därav deras låga täckningsgrad (Figur 3).

Andra arter som noterades under inventeringen var gaffeltång, bergborsting (*Cladophora rupestris*) och violetslick/fjäderslick (*Polysiphonia fibillosa/Polysiphonia fucoides*) men eftersom de inte satt fast i substratet utan sågs flyta omkring så räknades dessa inte med i själva inventeringen.



Figur 3: Medelvärdet av den sammanlagda täckningsgraden för varje inventerad art med standardavvikelse. Sammanlagt inventerades fem lokaler. Den vanligast förekommande arten var fintrådig trådslick alternativt molnslick. Dessa två arter är morfologiskt lika och svåra att urskilja från varandra så dessa räknades som samma art i denna rapport.



Figur 4: Medelvärdet av alla arternas täckningsgrad inom provrutorna i de olika lokalerna. De arterna med högst täckningsgrad var trådslick/molnslick och blåstång. Kivik var den enda platsen där trådslick/molnslick inte var den art som hade högst täckningsgrad.

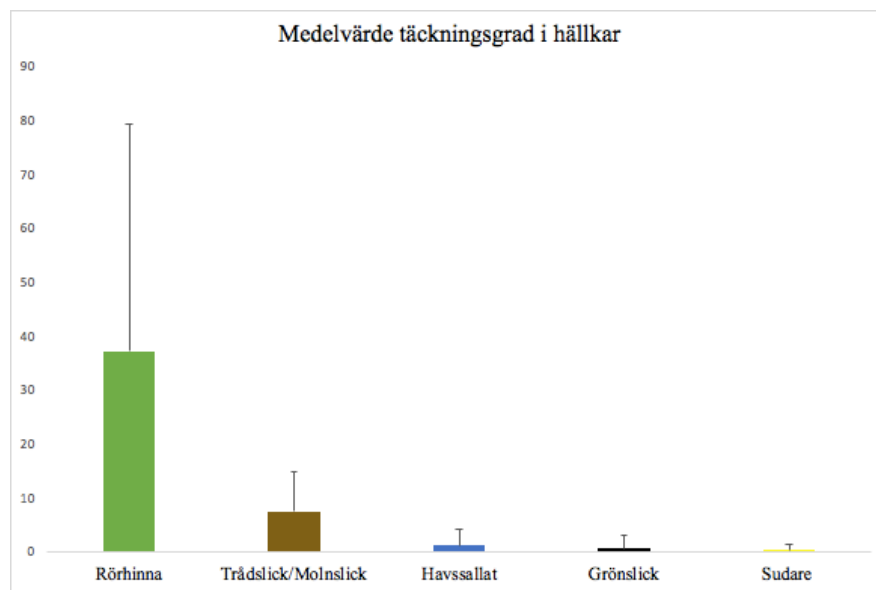
Vid jämförelse av täckningsgraden av olika arter mellan alla de olika lokalerna fanns ingen signifikant skillnad mellan de olika lokalerna (Kruskal-Wallis:  $H=4,0$ ,  $df=4$ ,  $P=0,406$ ).



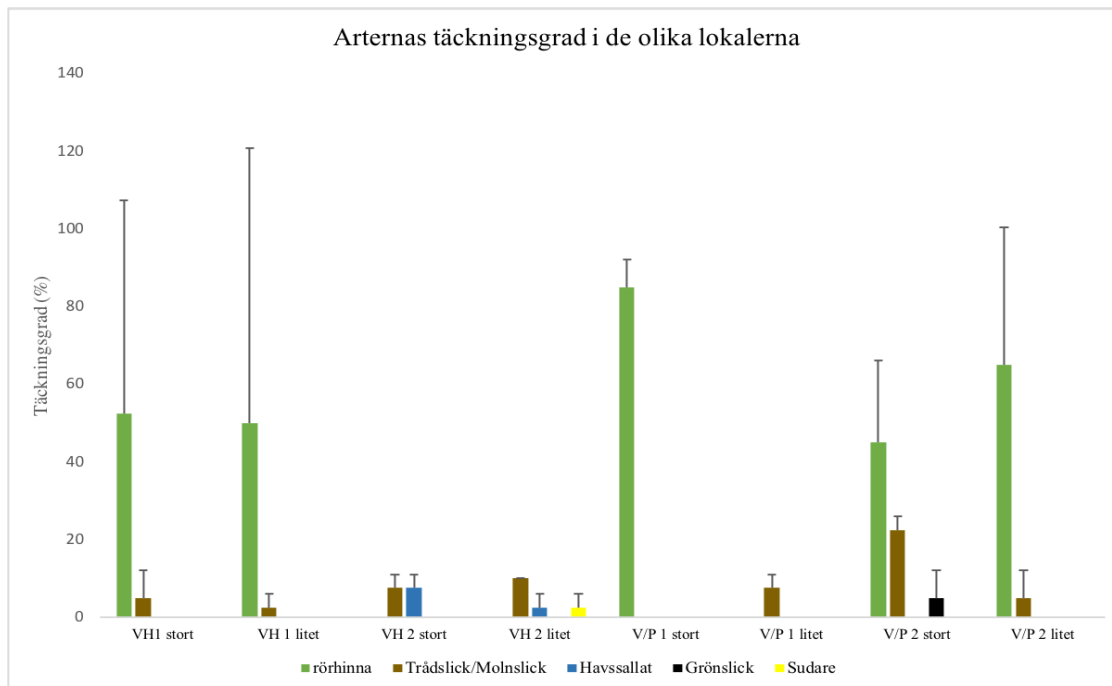
Det fanns inte heller någon signifikant skillnad i arternas täckningsgrad mellan lokalen Vik/prästens badkar och lokalen Kivik. Detta trots att Vik/prästens badkar ser ut att ha låg täckningsgrad hos alla arter utom trådslick/molnslick (figur 4) och i lokalen Kivik var täckningsgraden av trådslick/molnslick som lägst och blåstång, sågtång respektive rörhinna hade alla sina högsta täckningsgrader i Kivik (Mann-Whitney U-test: Blåstång  $U=0,0$ ,  $P=0,317$ , trådslick/molnslick  $U=0,0$ ,  $P=0,317$ , sågtång  $U=0,0$ ,  $P=0,317$ , havssallat  $U=0,0$ ,  $P=0,317$ , rörhinna  $U=0,0$ ,  $P=0,317$ , grönslick  $U=0,0$ ,  $P=0,317$ , sudare  $U=0,0$ ,  $P=0,317$ , strutsallat  $U=0,5$ ,  $P=1,0$ , ullsläke  $U=0,5$ ,  $P=1,0$ ).

Trådslick/molnslick och blåstång var de mest förekommande arterna i varje lokal men ingen signifikant korrelation fanns mellan dessa arternas förekomst (Pearson:  $r=-0,629$ ,  $P=0,256$ ). Ingen korrelation fanns heller mellan den tredje vanligaste arten sågtång och trådslick/molnslick trots att trådslick/molnslick är en epifytisk filamentös alg som under inventeringen observerades växa till stor del på de andra arterna (Spearman:  $r=-0,667$ ,  $P=0,219$ ). Då blåstång och sågtång oftast växte tätt tillsammans gjordes ett spearman-test för att ta reda på om det finns ett samband mellan arternas förekomst men ingen signifikant korrelation fanns (Spearman:  $r=0,359$ ,  $P=0,553$ ).

Under inventeringen undersöktes även hållkar då artsammansättningen förväntades vara annorlunda i dessa habitat jämfört med i havet. Det var endast i Vårhallen och Vik/Prästens badkar som hållkar förekom.



Figur 5: Medelvärde och standardavvikelse av täckningsgraden hos alla arter som förekom sammanlagt i alla inventerade hållkar.



Figur 6: Medelvärde av täckningsgraden hos de olika arterna, fördelade i de olika lokalerna i antingen litet eller stort hållkar. VH 1= Vårhallen lokal 1, VH 2= Vårhallen lokal 2, V/P 1= Vik/prästens badkar lokal 1, V/P 2= Vik/prästens badkar lokal 2.

Sammanlagt 16 hållkar inventerades och varje hållkar klassificerades som antingen litet eller stort. De små uppskattades vara omkring 1-2 m<sup>2</sup> och de stora minst 4 m<sup>2</sup>. Arternas genomsnittliga täckningsgrad i små hållkar jämfördes med de genomsnittliga täckningsgraderna i de stora hållkaren för att ta reda på om storleken på hållkaren hade en signifikant påverkan på täckningsgraden men ingen signifikant skillnad hittades för någon art (Mann Whitney U-test: rörhinna U= 6,0, P= 0,554, trådslick/molnslick U= 8,0, P= 1,000, havssallat U= 7,5, P= 0,850, sudare U= 6,0, P= 0,317, grönslick U= 6,0, P= 0,317).

### Kriterier för odlingsbarhet

Utefter hur de olika arterna förhåller sig till kriterierna i tabell 2 så bedöms rörhinna och havssallat ha störst potential för odling i Östersjön. Blåstång, strutsallat, östersjösallat, gaffeltång och grönslick bedöms även ha en viss potential för odling. Skräppetare och ullsläke bedöms ha låg odlingspotential. I tabell 2 tas endast de mest relevanta kriterierna upp, och en utökad tabell med fler kategorier rörande arternas utbredning, vilket substrat de växer på, deras tåligghet för exponering samt växtdjup finns i bilaga 1. Andra kriterier som finns i bilaga 1 är arternas förökningsstrategier, om de är ätliga och smakliga och om de skördas vilt skördas vilt utanför Östersjön.

Tabell 2. Kriterier för odlingsbarhet hos makroalger som förekommer i Östersjön.

Svenskt namn	Skräppetare	Blåstång	Rörhinna	Gaffeltång	Havssallat	Sågtång	Ullsläke	Strutsallat	Östersjösallat	Grönslick
Odlingspotential utefter kriterier	Låg	Medel	Hög	Medel	Hög	Medel	Låg	Medel	Medel	Medel
Vetenskapligt namn	<i>Saccharina latissima</i>	<i>Fucus vesiculosus</i>	<i>Ulva intestinalis</i>	<i>Furcellaria lumbicalis</i>	<i>Ulva fenestrata</i>	<i>Fucus serratus</i>	<i>Ceramium tenuicorne</i>	<i>Monostroma grevillei</i>	<i>Monostroma balticum</i>	<i>Cladophora glomerata</i>
Salthalt (psu) <sup>a, b, c, d, e</sup>	<18	<5	<2	<4	<7	<7	<2	<5	<4	Ja, är en sötvattensart
Förökningstid <sup>a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z</sup>	Okt-apr	Försommar eller höst	Fr.a. sommar, sporulering varje vecka.	Dec-april, peak feb/mars	Jun-aug	Höst eller vår	Jul-aug	Mar-maj	-	Apr-aug, flera generationer

<b>Växtperiod</b> <sup>k, m, n, c, 01, v, n, 01, q1, y1, y2, 03, 02</sup>	Okt-apr	Störst tillväxt jun-aug	Apr-okt	Fr.a. feb-jun (optimal tillväxt runt 15 °C)	Fr.a. höst-/till maj (optimal tillväxt runt 10 °C)	Fr.a. apr-okt	Maj-aug	Sen vinter-maj	Maj-sep	Apr-sep
<b>Oönskade ämnen</b> <sup>j2, p1, p2</sup>	I, Pb	Cd, I, Pb	Pb	Ni	Cd, I, Pb	Cd, I, Pb	Brom-fenoler	-	-	Bl.a Cd, I, Pb
<b>Rapporterad i området</b> <sup>c</sup>	Nej	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja
<b>Inventerats i studien</b>	Nej	Ja	Ja	Ja, löst sittande form	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja
<b>Odlas kommersiellt</b> <sup>02, 01, 02</sup>	Ja, Asien, Färöarna, Nordirland, Norge, Sverige	Nej	Ja, i Japan	Nej	Ja, i Asien och svenska <i>Nordic sea farm</i> på västkusten	-	-	Ja, i Japan	-	-
<b>Odlingsmetod</b> <sup>1, 02, 01, v</sup>	Långline-metod	-	Sporer på rep eller nät. Flytande i nät i Asien	-	I tankar på land eller långline-metoden	-	-	Tillväxt på nät i intertidal-zonen ( <i>Monostroma spp.</i> )	Tillväxt på nät i intertidal-zonen ( <i>Monostroma spp.</i> )	-
<b>Testodlats i Östersjön</b> <sup>01, r, 02</sup>	Nej	Ja	Ja men mest i labb. Sporer på nät i havet	Nej men metod för testodling pågående i Estland	Nej	Ja	Nej	Nej	Nej	Nej
<b>Svenskt namn</b>	Skräppetare	Blåstång	Rörhinna	Gaffeltång	Havssallat	Sågtång	Ullsläke	Strutsallat	Östersjösallat	Grönslick
<b>Metod för testodling</b> <sup>01, r, c</sup>	-	Vegetativ tillväxt i flytande korgar	Sporer på fiskenät i havet	-	Odling av sporer och gametofyer i lab. Långline-metod eller nät i havet	Vegetativ tillväxt i flytande korgar	-	-	-	-
<b>Skördas vilt i Östersjön</b> <sup>01, 02</sup>	Danmark	Nej	Nej	Endast i Estland	Nej	Danmark.	Nej	Nej	Nej	Nej
<b>Används som livsmedel</b> <sup>02, v, 03, n, p1</sup>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	-	Ja	-	-
<b>Används som annat</b> <sup>01, 02, k, 01, v, 02, y1</sup>	Kosmetika	Kosmetika, kosttillskott. Fucoidan och fucoxanthin i läkemedel	Upptag av fosfor och kväve för att motverka övergödning	Kosmetika, hydrocolloid, Furcellaran	Potentiellt biobränsle, kosttillskott	Kosttillskott, Fucoidan och fucoxanthin i läkemedel	Rött pigment, agar	-	-	Cellulosa i pappersmassa, gödning, djurfoder, närings- och metalljon-upptag, kosmetika mm

S= sexuell, A= asexuell, V= vegetativ

- = ingen data funnen.

Källor: a) Havet (2023), b) (Kautsky m.fl., 2020), c) (Kautsky m.fl., 2023), d) (Michalak & Messyas, 2021), e) Artfakta (u.å.), f) Marbipp (2018) g) (Alström-Rapaport m.fl., 2010), h) (Kersen m.fl., 2017), i) (Malm & Kautsky, 2003), j1) Naturhistoriska riksmuseet (2004), j2) (Enhus m.fl., 2012), k) BIOTIC (u.å.), l) HELCOM (2013), m) Hoffman (2021), n) Sjögren och Martinsson (2021), o) FucoSan (2020), p1) (FAO och WHO, 2022) p2) Hogstad m.fl. (2022), q1) Vattenkikaren (1998), q2) Östersjön (u.å.), r) (Meichssner m.fl., 2021b), s1) (Armoskaite, Barda, Purina, m.fl., 2021), s2) (Kulikowski m.fl., 2021), s3) (Rahikainen & Yang, 2021), s4) (Kotta m.fl., 2022), t) (Ruangchuay m.fl., 2012), u) (Bergström, 2005), v) (Steinhagen m.fl., 2021), w) (Luthuli m.fl., 2019), x) (Bruhn m.fl., 2011) y1) (Meichssner m.fl., 2021a), y2) Steinhagen, Enge, m.fl. (2022), z) (Balar & Mantri, 2019), å1) (Kiirikki & Lehvo, 1997), å2) (Bird m.fl., 1991), ä1) (Zalewska & Danowska, u.å.), ä2) (Brzeska-Roszyk m.fl., 2017), ö1) (Visch, 2019), ö2) Nordic Seafarm (u.å.), ö3) Kalita & Tytlianov (2003.)

## Algernas livscyklar

En viktig del i utvecklingen av odling är kunskap om en fungerande förökningsmetod (Meichssner et al. 2021) som utgår från arternas livscyklar. Dessa skiljer sig åt mellan arterna men det finns generella likheter inom de olika grupperna Brun, röd-och grönalger. Algerna delas upp efter sin pigmentuppsättning (Tobiasson m.fl., 2022). De livscyklar som förklaras mer ingående är de som är relevanta för denna rapport eftersom de 1) förekommer i Östersjön

och antingen odlas eller skördas vilt och 2) har hittats under denna rapportens inventering och bedömts vara potentiellt odlingsbara i framtiden (se tabell 2).

Tabell 3. Övergripande information om livscyklar hos makroalgerna i Östersjön.

Svenskt namn	Skräppetare	Blåstång	Rörhinna	Gaffeltång	Havssallat	Sågtång	Ullsläke	Strutsallat	Östersjösallat	Grönslick
<b>Stadier</b> <sup>a, h, c, d, e, f, g, h, i</sup>	Haploid zoospor, haploid gametofyt, diploid zygot, diploid sporofyt	Diploid sporofyt och haploid gamet, diplontisk fas dominerar och där sker tillväxt	Isomorf diplo-haplontisk, sporer från båda stadier	Tre faser: haplontiskt gametofyt, diplontisk tetra-sporofyt och diplontisk karp-sporofyt	Isomorf diplo-haplontisk	Diploid sporofyt och haploid gamet, diplontisk fas dominerar och där sker tillväxt	Tre faser: haplontiskt gametofyt, diplontisk tetra-sporofyt och diplontisk Karp-sporofyt	Isomorf diplo-haplontisk	Isomorf diplohaplontisk	Isomorf diplohaplontisk
<b>Livshistoria</b> <sup>c, h, k</sup>	Perenn	Perenn	Annuell	Perenn	Perenn men bara makroskopiska blad under tillväxt-period	Perenn	Perenn	Anuell	Anuell	Annuell
<b>Ålder vid reproduktion</b> <sup>c, d, j, g, 03</sup>	8-15 månader	4-5 år	Flera generationer under sommaren	3-5 år	Flera generationer under våren, sporulering ca var 10e dag	-	-	-	-	Flera generationer under sommaren
<b>Tid för sexuell förökning</b> <sup>a, k, d, l, h</sup>	Okt-apr	Maj- jun, eller sep-okt	Aug-sep	Dec-apr, peak feb/mar (fastsittande ekotyp)	Jun-aug	Främst i mars och september	Jul-aug	-	-	Maj/jun, aug-sep
<b>Temperatur för förökning</b> <sup>h, i, g, j, m, e, 03</sup>	<10-15 °C	15 °C	Över 5 °C kan den börja sporulera	-	Runt 15 °C	Sommar: 12-15 °C. Höst: 7-11 °C	-	-	-	>16 °C
<b>Ljus för förökning</b> <sup>m, n, g, d, o, q</sup>	I naturlig miljö bildas reproduktiv vävnad under förhållanden av <8 timmar ljus/16 mörker	Sommar: receptakler initieras vid >16 h sol. höst: <8 h sol	-	<8 timmar solljus	-	Sommar: 16-17 timmar ljus. Höst: 10-6 timmar ljus	-	-	-	8 h ljus/16 mörker
<b>Hur lång tid är gameter i vattenkolumn</b> <sup>d, n</sup>	-	-	Upp till 8 dagar	Fäster sig inom 2 dagar	-	-	-	-	-	-
<b>Groddplantor: tid till fäste på substrat</b> <sup>r, j, s, d, h</sup>	Omgående, befruktad zygot blir sporofyt efter 15-20 dagar	Befruktning sker nästan omgående, synlig groddplanta efter ett par veckor	Vid asexuell förökning släpps zoosporer ut en vecka efter bildande	Börjar gro efter 5 dagar	-	Befruktat ägg fäster till substrat efter några timmar	-	-	-	-
<b>Spridning av gameter/ägg</b> <sup>j, a</sup>	-	Oftast inom 2 meter från förälder	Upp till 35 km bort, lång spridning	-	-	-	-	-	-	-

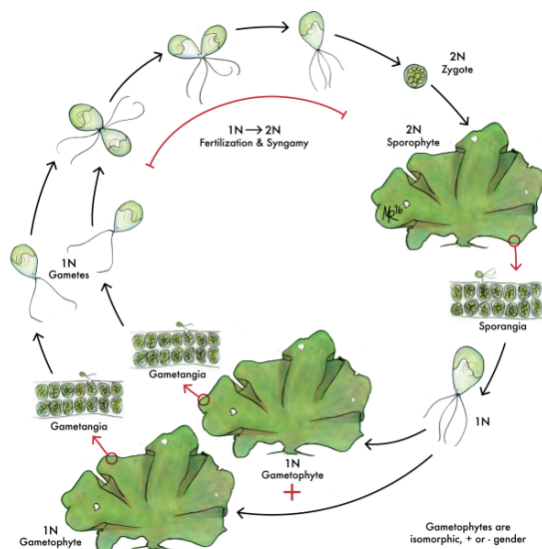
Övervintrings-strategi <sup>u, b, k, g, j</sup>		Receptakler övervintrar tills 10°C, och börjar därefter växa till sig	Diploida sporer sätter sig under augusti och vilar	Växer året runt men minimalt under okt-apr. Under vintern bildas reproductiv vävnad	-	-	Makroskopiskt stadie övervintrar, förökar sig vegetativt sedan på våren			Viloläge, rhizoid finns kvar
---	--	---	--	---	---	---	---	--	--	------------------------------

Källor: a) Marbipp (2018), b) (Alström-Rapaport m.fl., 2010), c) (Balar & Mantri, 2019), d) (Kersen m.fl., 2017), e) Vattenkikaren (1998), f) (Bergström, 2005), g) (Michalak & Messyas, 2021), h) Tångbloggen (u.å) i) (Christiansen, 2018), j) (Kautsky m.fl., 2020), k) (Kiirikki & Lehvo, 1997), l) (Steinhagen m.fl., 2021), m) (Malm m.fl., 2001) n) BIOTIC (u.å), o) (Hatchett m.fl., 2022), p) Hoffman (2021), q) (Berger m.fl., 2001), r) (Sahoo & Yarish, 2005), s) (Ruangchuay m.fl., 2012), t) Bird m.fl. (1991), u) Kalita & Tytlianov (2003).

### Grönalger - *Ulva* spp och *Monostroma* spp

Många arter av genus *Ulva* och *Monostroma* är svåra att särskilja från varandra då de är väldigt lika rent morfologiskt (Christiansen, 2018) och de är isomorfa, vilket innebär att de två livsstadier sporofyt och gametofyt ser likadana ut. Sporofyten är det stadie i algens livscykel där algen kan reproducera sig med att släppa ut zoosporer, därav namnet. Dessa zoosporer är haploida, vilket betyder att de har en enkel kromosomuppsättning. När zoosporerna växer upp blir de till gametofyter som också kan reproducera sig. Skillnaden är att sporofytens förökning är asexuell eftersom ingen befruktning behövs för att zoosporerna ska bli till zygoter som sedan blir vuxna gametofyter (Balar & Mantri, 2019).

I gametofytstadiet släpps istället gameter ut vid förökning och dessa är antingen hanar eller honor. Om gameterna inte befruktas av gameter av motsatt kön så blir det ingen sexuell förökning, men gameterna kan ändå växa upp och bli till nya, vuxna gametofyter istället (Christiansen, 2018). Om befruktning sker bildas en sporofyt istället med dubbel kromosomuppsättning (alltså en diploid individ) (Balar och Mantri, 2020). *Ulva* spp och *Monostroma* spp har en diplohaplontisk livscykel vilket betyder att gametofyt-fasen och sporofyt-fasen är lika dominerande under livstiden (Balar och Mantri, 2020).



Figur 9. Livscykel hos genus *Ulva* spp. består av en haploid respektive diploid fas. Hos den haploida gametofytfasen bildas gameter som kan befruktas och bilda en diploid sporofyt. Om befruktning inte sker växer gameterna till vuxna haploida gametofyter istället. (Illustration med tillstånd av Rocktopus, M. u.å).

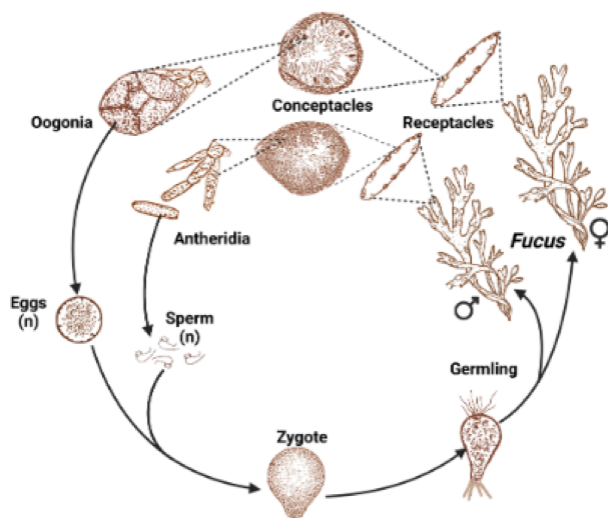
Rörhinna verkar vara tolerant mot den stressande miljön i Östersjön då rörhinnan till skillnad mot andra makroalger verkar kunna fullfölja hela sin livscykel då både haploida gametofyter och diploida sporofyter har observerats (Alström-Rapaport m.fl., 2010). Däremot verkar *Ulva*



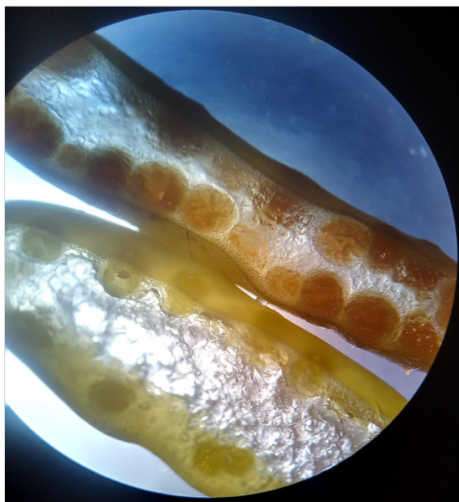
spp. inte vara benägen till vegetativ reproduktion utan förökar sig endast med hjälp av motila sporer och gameter (Balar & Mantri, 2019).

### Brunalger - blåstång och sågtång

De vanligaste brunalgerna i Östersjön är blåstång och sågtång med diplontisk livscykel, vilket innebär att majoriteten av livstiden är algen i diploid sporofyt. Ruskorna är antingen av hankön eller honkön och det är endast gameterna hos dessa som är haploida (Hatchett et al. 2022). Blåstången har särskild blåsliknande vävnad på toppen av sina blad där könsceller bildas, och denna vävnad kallas receptakler. Receptaklerna består i sin tur av en mängd mindre konceptakler. Hos honplantan bildas oogon med ägg i varje konceptakel, och hos hanplantan bildas istället anteridium som istället innehåller spermier (Kautsky et al. 2020). När könscellerna mognat klart spricker receptaklerna upp vilket gör att ägg och spermier släpps ut i vattnet. Befruktning sker snabbt och redan efter ett dygn börjar ägget delas och zygoter bildas, som sätter sig fast på hårt substrat (Kautsky m.fl., 2020).



Figur 7: Livscykel hos Blåstång. De vuxna plantorna är diploida sporofyter av antingen hona eller hane. Dessa utvecklar receptakler, vilka är blåsor där gameter bildas. I receptaklerna finns mindre konceptakler, som släpper ut oogon och anteridier när det är dags för förökning. Ägg från oogon befruktas av spermier från anteridierna, och en diploid zygot bildas. Zygoten växer till en juvenil groddplanta tills den blir en könsmogen adult efter 4-5 år. Tillstånd till illustration från Hatchett m.fl., 2022.



Figur 8: Genomsnitt av konceptakler hos blåstång förstörade under stereolupp. Hanen har orangefärgade anteridier när den är könsmogen och hos honan är oogonen gröna. Foto: Josefine Larsson.

Blåstång växer långsammare i Östersjön än i vatten med hög salthalt, och det tar omkring 4-5 år för en zygot att växa till en könsmogen sporofyt (Kautsky m.fl., 2019). Förökning för vårreproducerade blåstång sker främst mellan maj och juni, och höstreproducerade blåstång har sin förökningsperiod mellan september och oktober (Berger m.fl., 2001). Förökning kan även ske asexuellt genom att fragment av bladen lossnar och flyter fritt i vattnet, och dessa fragment blir kloner av den plantan de lossnat från och kan fästa sig vid substrat och fortsätta växa (Hatchett m.fl., 2022). Denna asexuella förökning är vanligare i bräckta vatten än i vatten med hög salthalt då låg salthalt innebär en stress för arterna vilket påverkar fertiliteten. Bland annat reduceras mängden producerade gameter och hur länge dessa kan leva innan de hinner befruktas (Hatchett m.fl., 2022).

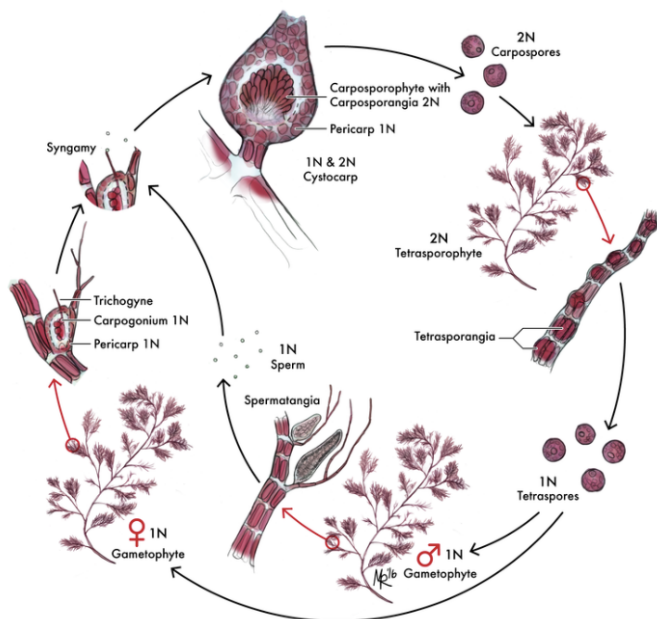
Sågtångens livscykel är väldigt lik blåstångens med förökning mellan höst och vår, framförallt i september och igen i mars (Malm m.fl., 2001). Sågtång bildar inte lika tydliga receptakler som blåstången, men man kan urskilja honplantor och hanplantor när deras konceptakler (könsvävnad inuti receptaklerna) är mogen. Hos hanplantorna färgas konceptaklerna orangea medan honorna förblir gröna eller bruna (Siméon & Hervé, 2017).



Figur 9: Till vänster syns toppen av en hanplanta hos sågtång men lätt orangefärgade konceptakler. Honplantan till höger är främst grön i toppen. Foto: Beatrice Persson

### 3.1.3 Rödalger - Gaffeltång och Ullsläke

Rödalger har en livscykel med tre stadier: Karposporofyt, tetrasporofyt och gametofyt (Kersen m.fl., 2017). Tetrasporofyten släpper ut haploida sporer vid förökning. Dessa växer upp till gametofyter av antingen hankön eller honkön. I könsvävnaden hos han-gametofyterna bildas spermetangia med spermier, men hos honorna finns istället en särskild vävnad som kallas karpogonium. Detta karpogonium sitter fast på och är beroende av hon-gametofyten. Om detta karpogonium blir befruktat av en spermie så kan en vuxen, diploid karpospor växa upp, men denna kommer fortsätta vara sammanväxt och beroende av gametofyten (Kersen m.fl., 2017).



Figur 10. Livscykel hos rödslicksläktet (*Polysiphonia*). Rödslick likt andra rödalger har en livscykel med tre faser: En fristående, vuxen tetrasporofyt, en gametofytfas samt en fastsittande karposporofyt som sitter fast på gametofyten. Gametofyten har endast enkel kromosomuppsättning men den fastsittande karposporofyten har dubbel kromosomuppsättning. (Illustration med tillstånd av Rocktopus, M. u.å).

En av de viktigaste rödalger i Östersjön är gaffeltång eftersom den skördas vilt vid Estlands kust, finns i två ekotyper: en fastsittande form och en icke-fastsittande form som ligger på botten (Bird m.fl., 1991). Att de är olika ekotyper innebär att de fortfarande är samma art men med olika anpassningar efter miljön de lever i. Det är endast den fastsittande varianten som man identifierat sexuell reproduktion hos genom sporer, och den icke-fastsittande verkar endast kunna reproducera sig genom att vävnad lossnar och fortsätter växa till sig och bildar därmed en klon från moderalgen (Bird m.fl., 1991). Denna vegetativa förökningsmetod verkar enligt observationer vara vanligast i Östersjön då det bräckta vattnet hindrar gaffeltången från att fullfölja hela livscykeln (Kersen m.fl., 2017). Den fastsittande ekotypen växer på hårt substrat, och om den lossnar har den hög kapacitet att kunna växa sig fast igen via sina fästorgan som heter rhizoider (Martin m.fl., 2006). Ullsläke har samma tre faser i livscykeln som andra rödalger, och kan även den föröka sig genom att vegetativa fragment lossnar och sätter sig fast på substrat, och genom att sporofyten släpper ut sporer som växer upp till nya sporofyter utan att någon meios eller befruktning sker (Bergström, 2005).

## Diskussion

### Alger med högst potential för odling i Hanöbukten

Denna studie visar att Rörhinna tillsammans med är de arter med högst odlingspotential i Östersjön utifrån kriterierna i tabell 2. Detta motiveras främst av att *Ulva* är hög tolerans för den låga saliniteten som Östersjön har (Kulikowski m.fl., 2021). En intressant aspekt med dessa arter är att de inte växer under samma säsong (tabell 2). Havssallaten har sin växtperiod från hösten fram till maj, medan rörhinnan börjar sin växtperiod i april till oktober. Detta kan förklara den låga förekomsten av havssallat under denna studiens inventering som gjordes under våren (figur 3 och 4). Rörhinna förekom i mycket högre grad i de undersökta hållkaren, vilket stämmer överens med vilka habitat de brukar förekomma i och att de inte förekommer i lika stor grad i exponerade områden (tabell 2). Detta skulle kunna innebära att odling av

rörhinna förslagsvis bör ske med att sporer fästs på nät och odlas i hållkar, alternativt att sporer samlas upp från hållkar och får växa till sig i tankar inomhus innan de juvenila algerna börjar odlas på rep eller nät i ett område med låg exponering under sommaren. Havssallat kan odlas på till exempel rep under vintern och skördas innan rörhinnan sätts ut i odlingen.

Pågående odling av havssallat sker på västkusten genom Nordic Sea Farm och lyckade experiment har utförts i Kosterhavet via Tjärnö marint laboratorium för att undersöka om havssallat är lämplig att odla i stor skala direkt i havet genom långline-metoden (Steinhagen m.fl., 2021), därmed bör försök med odling av havssallat kunna göras med samma metod i Hanöbukten. Även här har sporer fått växa i tankar under kontrollerade former då detta enligt ett försök av Steinhagen m.fl. (2022) innebar en högre grad av biomassa hos den skördade havssallat och ett högre näringsinnehåll. Samma studie drog slutsatsen att gameter som genomgår befruktning växer fortare, har högre näringsinnehåll, mer protein samt växer sig större jämfört med obefruktade gameter. Även detta motiverar fördelen med att initialt låta alger gro under kontrollerade former i spor-fasen och gametofyt-fasen för att därefter odla algerna ute i havet. Även om de abiotiska faktorerna är annorlunda i Östersjön jämfört på västkusten så är det en fördel att lyckade odlingsmetoder redan finns etablerade. Rörhinna har redan testodlats i Östersjön vid Gdańsk med syftet att ta upp näringsämnen och minska övergödning. Det visade sig under studien att sporer som hade fått växa fast på nät innan de placerades ut i havet bildade mer biomassa än de sporer som fäste sig på substratet på naturlig väg (Brzeska-Roszczyk m.fl., 2017). Att rörhinna och havssallat förekommer under olika säsonger möjliggör för en längre odlingsperiod vilket är positivt då de båda arterna är årliga med korta växtperioder vilket annars hade inneburit en tidsmässigt begränsad möjlighet för odling.

En av utmaningarna med odling av just *Ulva* spp p är att flera av arterna inom släktet är väldigt lika varandra morfologiskt, och för att kunna artbestämna dessa helt korrekt föreslår Steinhagen m.fl. att molekylära artmarkörer behöver utvecklas (2021). Ett potentiellt problem med odling av *Ulva* sp. är att vid sporulering förlorar algen en del av sin vävnad där sporena släpps ut, vilket leder till förlust av biomassa. Hos rörhinna kan sporulering initieras redan vid 5°C, och hos havssallat initieras sporulering runt 15-20°C (tabell 3). Under kontrollerad odling inomhus är det lättare att reglera ljus och temperatur för att optimera tillväxt och fördröja sporulering, men fler studier behövs för att ta reda på hur man optimerar tillväxten vid odling i havet.

### **Alger med medelhög odlingspotential**

De alger som hittades under inventeringen och som bedöms ha medelhög odlingspotential är blåstång, sågtång, strutsallat, östersjösallat, grönslick och gaffeltång.

#### ***Blåstång och sågtång***

De vanligaste förekommande arterna förutom trådslick/molnslick i transekterna var blåstång och sågtång, och blåstång förekom i relativt hög grad på alla undersökta platser (figur 4). Det finns god kunskap om livscyklerna och förökningsstrategierna vilket är till stor hjälp vid odlingsförsök. Blåstången har två reproduktiva perioder, vår och höst och det finns olika typer av blåstång som reproducerar sig inom dessa tider. Det råder dock delade meningar om hur dessa reproduktionstyper är fördelade inom Östersjön. Enligt Berger m.fl. (2001) så är det främst höstreproducerande blåstång i Egentliga Östersjön och längs sydöstra kusten, men författarna betonar att det behövs mer studier på dessa populationer och deras biologi. Däremot menar Kautsky m.fl., (2020) att höstreproducerande blåstång är ovanlig i Östersjön. Liknande mönster hos sågtång i Östersjön har noterats, där reproduktionen sker antingen på



hösten eller på sommaren hos olika populationer (Malm m.fl., 2001). Kautsky m.fl. (2020) beskriver att de höst-reproducerande och sommar-reproducerande populationerna är morfologiskt olika och går att skilja åt.



Figur 11.: Till vänster: Blåstång som reproducerar sig på sen vår/tidig sommar, receptaklerna sitter på egna grenar. Till höger: Höstreproducerande blåstång med receptakler så samma grenar som flytblåsorna. Foto: Lena Kautsky (Kautsky m.fl., 2020).



Figur 12: Blåstång från Brantevik 2023-05-10 med svullna receptakler vilket indikerar att den är könsmogen och vårreproducerande. Foto: Beatrice Persson.

Den blåstång och sågtång som observerades under inventeringen bedömdes vara könsmogen och därmed vårreproducerande, vilket innebär att insamling av blåstång för att extrahera ägg och spermier bör ske i april och maj och för sågtång är denna möjlig redan i mars. Då ruskorna är antingen hanar eller honor så behöver man samla in båda typerna. Könnsbestämning är möjlig när algerna är könsmogna (se figur 8). Däremot finns det två utmaningar med att föröka både blåstång och sågtång sexuellt för odling i Östersjön: (1) Det faktum att de båda arterna växer långsamt i Östersjön och att den låga saliniteten påverkar gameternas överlevnad negativt samt (2) efter förökningsperioden så degenereras receptaklerna och algerna förlorar därmed biomassa (Meichssner m.fl., 2021b), vilket motverkar syftet med att odla dem. En lösning som kan förkorta tillväxtperioden innan skörd är att satsa på att odla från vegetativa fragment från adulta alger och därmed hoppa över lång tillväxtperiod och hantering av flera livsstadier. Problemet med förlorad biomassa är svårare att motverka, och det försök med odling som gjorts i Östersjön har utgått från en specifik



ekotyp av blåstång som växer lokalt utanför Tyskland som ej utvecklar receptakler och endast förökar sig vegetativt (Meichssner m.fl., 2021b). Då det inte går att räkna med att liknande ekotyper finns lokalt vid Hanöbukten så är detta inte en lösning för odling här. En större kommersiell odling av blåstång med fokus på livsmedelsproduktion kan därför bli svår att genomföra, men om man kombinerar odling av blåstång och sågtång för att restaurera och utöka tångskogarna samtidigt som en del av skörden används till högvärdiga produkter på en mer lokal skala så blir inte den långsamma tillväxten och förlusten av biomassa ett lika stort problem.

### ***Strutsallat och östersjösallat***

Det finns inte så mycket tillgänglig information specifikt för arterna strutsallat och östersjösallat gällande deras livscyklar och förökningsstrategier. Däremot är de båda grönalger och kan antas ha liknande strategier som rörhinna och havssallat. Strutsallat observerades i enbart en inventeringsruta under inventeringen och är en art som förekommer under våren och som växer fram till maj. Detta kan förklara den låga täckningsgraden då den förmodligen var i slutskedet av sin tillväxtsäsong. Östersjösallat observerades inte alls under denna inventeringen men den har observerats i området tidigare (Artfakta u.å). Båda arterna bör antagas kunna leva och frodas i Hanöbukten och vid framtida odlingsförsök så skulle samma metoder med odling som används för rörhinna och havssallat kunna fungera för strutsallat och östersjösallat.

### ***Grönslick***

Grönslick är en trådalga som lever från april till september och den förekommer i de flesta lokalerna och även i hållkar under inventeringen. Den har endast asexuell förökning vilket innebär att grönslickens sporer är kloner av moder-algen och under en sommar bildas flera generationer (Michalak & Messyas, 2021). Den har inte odlats kommersiellt förut men då den har en enkel livscykel och släpper sporer flera gånger under en säsong så bör insamling av sporer vara relativt enkel och tillväxten är snabb. Däremot är den jämfört med andra arter inte lika attraktiv att odla som livsmedel då den inte är lika smaklig. Den kan istället användas i syfte för att minska övergödning och ta upp skadliga ämnen som tungmetaller istället. Den kan också bilda väldigt mycket biomassa vilket är positivt men det ställer högre krav på att man under skörden lyckas ta hand om all biomassa då den kan bilda stora mattor som kräver mycket syre vid nedbrytning när de dör och sjunker till botten. Då syrebrist redan är ett problem i Östersjön (Snoeijs-Lejonmalm & Andrén, 2017) så kan det skapa problem om mer organiskt material tillförs än vad som klaras av att brytas ned. Denna aspekt gäller egentligen vid odling av alla arter av alger. En lösning på detta kan vara att hitta platser som inte är alltför exponerade så att linor och utrustning inte slits loss, och på så sätt blir odlingen mer kontrollerad och biomassa tas till vara maximalt.

### ***Gaffeltång***

Gaffeltången tål denna låga salinitet men utmaningen med den är att den inte alls har en beprövad odlingsmetod utan endast skördas vilt i Östersjön. Den är dock värdefull kommersiellt på grund av ämnet furcelleran som används som förtjockningsmedel i livsmedel. Ingen gaffeltång fanns fastsittande på något substrat under inventeringen men den noterades ändå flytande i vattnet och förekommer lokalt i andra undersökningar (Tobiasson m.fl., 2021). Det var inte heller förväntat att den skulle inventeras i transekterna då den och andra rödalger växer på ett större djup än vad som undersöktes i denna studien. Även om gaffeltången verkar ha svårt att genomföra sexuell förökning i låg salthalt och att alla livsstadier inte verkar fullföljas i Östersjön, så finns det trots detta ändå viss odlingspotential då gaffeltång kan föröka sig vegetativt genom att vävnad som lossnar kan bilda nya rhizoider

(fästorgan som håller fast algen mot substratet) (Kersen m.fl., 2017). Detta innebär att i teorin bör fragment från festsittande gaffeltång kunna skäras av från vilda bestånd och enligt tidigare studier helst fästa på naturliga substrat som stenar, men för få studier finns för att veta exakt vad som fungerar för just gaffeltången (Kersen m.fl., 2017). Liknande odlingsmetoder där alger fästs på botten finns redan etablerade för andra rödalger i andra länder (Titlyanov & Titlyanova, 2010) vilket hade kunnat vara utgångspunkten för en potentiell gaffeltångsodling i Hanöbukten.

### **Arter med låg odlingspotential**

Trots att brunalgen skräppetare är den vanligaste arten att odla i Sverige (och en av de vanligaste internationellt) så är det inte möjligt att odla denna art i Hanöbukten alls då den kräver minst 18 ppm salinitet, och i Egentliga Östersjön som Hanöbukten räknas till är det omkring 7 ppm (Snoeijs-Lejonmalm & Andréén, 2017).

Slutligen bedöms även ullsläke ha låg odlingspotential då den inte alls odlas kommersiellt eller har testodlats. Det är möjligt att utvinna agar som också är ett förtjockningsmedel ur ullsläke men ullsläke och andra fintrådiga rödalger och brunalger kan även bidra negativt till miljön i Östersjön genom produktion av bromfenoler, vilket är en grupp av ämnen som finns naturligt men som även framställs syntetiskt till bl.a. flamskyddsmedel. Naturligt förekommande OH-PBDE tillhör bromfenoler som är giftiga och produceras bland annat hos fintrådiga brun- och rödalger (Asplund m.fl., 2014). Därav bedöms ullsläke inte vara lika lämplig för odling som livsmedel.

### **Påväxt av fintrådiga epifyter**

En aspekt som var påtaglig under inventeringen var hur mycket fintrådiga brunalger som växte både på bottensubstratet men även på blåstången och sågtången. Detta syns i figur 3 där medelvärdet på täckningsgraden av trådslick/molnslick i genomsnitt var på 48 % i de inventerade provrutorna. Vid höga nivåer av närsalter i vattnet kan fintrådiga alger snabbt växa till sig (Kautsky m.fl., 2020) och nivåerna av närsalter bedömdes vara måttligt höga i västra Hanöbukten enligt undersökning av kustvattnet 2021 (Tobiasson m.fl., 2022). En art som inventerades under denna studien var sudare, och alla sudare som hittades var helt övertäckta av fintrådiga brunalger. Det finns troligtvis en risk för hög grad av påväxt av epifytiska alger vid odlingsförsök i Hanöbukten generellt och i de undersökta lokalerna i denna studien. Däremot fanns ingen signifikant skillnad mellan lokalerna gällande täckningsgrad hos de olika algerna, och då artsammansättningen var relativt likvärdig i de flesta lokalerna (se figur 4) så bedöms ingen lokal vara direkt olämplig som odlingsplats. Blåstång förekommer i alla lokaler vilket är en positiv indikation på att kusten längs Simrishamn har en enhetlig ekologi där förökning och etablering av nya generationer är möjlig. Vid ett odlingsförsök kan påväxten möjligen minskas eftersom man kan välja en plats med högre grad av exponering, vilket försvårar för trådalger och andra epifytiskt levande arter som inte tål exponering lika bra som exempelvis blåstång och sågtång.

### **Akkumulering av tungmetaller**

Även om alger anses vara hälsosamt att äta och innehåller både protein, vitaminer och fibrer, så har alger även potential till att ackumulera tungmetaller och andra toxiska ämnen i sin omgivning, främst bly, kadmium och nickel (tabell 2). Därför blir det viktigt att välja en odlingsplats som inte är för nära ett riskområde som ett reningsverk eller andra föroreningskällor om odlingen är tänkt att användas för livsmedel eller djurfoder. Regelbundna kontroller av skadliga ämnen bör också ske för att se till att halterna ligger på en tillräckligt låg nivå. Risker med höga nivåer av skadliga ämnen i algerna behöver inte

nödvändigtvis vara högre i Östersjön jämfört med andra områden, då det finns i nuläget redan tång som godkänts som livsmedel (vilt skördad gaffeltång vid Estland och odlad skräppetare vid Danmarks) utan problemet med förhöjda nivåer av skadliga ämnen beror mer på andra faktorer som åldern hos tången, om den växer nära en utsläppskälla eller hur den blir processad eller tillagad efter skörd (FAO och WHO, 2022).

### **Odlingens potentiella påverkan på ekosystemet**

Makroalger fyller flera viktiga funktioner i havet och framförallt tångskogarna är viktiga habitat för andra arter som fiskyngel och vattenlevande insekter som nyttjar dessa tångbälten för skydd, föda eller uppväxtområden (Kautsky m.fl., 2020). En minskning av blås- och/eller sågtång riskerar därför att få negativa effekter för den biologiska mångfalden då de fyller en viktig roll i ekosystemet då arter dessa bildar tångskogar. En viktig aspekt med att framställa mer livsmedel gjorda på alger i framtiden är att inte överexploatera de vilda bestånden, det är därför extra viktigt att hitta en hållbar odlingsprocess istället. Val av odlingsplats har stor betydelse då odlingen bör stärka upp redan befintliga bestånd i närheten genom att sporer från odlade alger även kan spridas och fästas på det naturliga substratet. Detta betonar vikten av att använda odlingsmaterial (oavsett om det är insamlade sporer eller adulta alger) från lokala algbestånd i närheten av den blivande odlingsplatsen, och att inte introducera helt nya arter som inte hör hemma i området alls och som potentiellt riskerar att konkurrera med de vilda lokala bestånden. En odling av exempelvis blåstång bör då skapas där man vet att det finns blåstång i närheten, men det bör inte växa vilda bestånd så pass nära att odlingen riskerar att skugga över de lokala bestånden. Man bör också välja ut en plats som inte har en helt annan typ av ekosystem som riskerar att degraderas och förändras av att en odling skapas. En annan viktig aspekt som man bör sträva efter med en odling är att använda en metod och material som inte riskerar att skada befintliga ekosystem. Detta kan handla om att se till att materialet är tåligt och ordentligt förankrat och inte slits av om det är storm, eller att materialet som används i sig inte är skadligt eller innehåller gifter.

### **Slutsats**

Resultatet i denna studien visar att de arter som har högst potential för odling var framförallt rörhinna och havssallat, och detta till stor del baserat på deras snabba tillväxt, relativt enkla livscykel med endast två faser och att lyckade experiment med havsbaserad odling av havssallat nyligen gjorts på västkusten via Tjärnö marina laboratorium och Nordic SeaFarm. Andra arter som bedöms som odlingsbara är blåstång och gaffeltång, vilket stämmer överens med bedömningen som projektet GRASS kommit fram till. Utifrån algerna livscyklar och anpassningar till Östersjön så verkar en vegetativ odlingsmetod vara den mest troliga att fungera för blåstång, sågtång och gaffeltång baserat på experiment som gjorts av vegetativ odling på blåstång och sågtång via projekt från GRASS och genom forskning som menar att vegetativ förökning är vanligare än sexuell förökning i Östersjön då den låga saliniteten påverkar reproduktionen hos vissa arter negativt. En utmaning för framtida algodling som kommer behöva bemötas är påväxten av trådalger som både noterades i denna studien och som andra inventeringsrapporter sett en ökning av, vilket är en trolig följd av ökad eutrofiering i Östersjön.

### **Tackord**

Först och främst vill jag rikta ett stort tack till min handledare Josefin Larsson på Marint centrum i Simrishamn för all hjälp och ny värdefull kunskap under projektets gång. Jag vill även tacka alla andra på Marint centrum för att ni fick mig att känna mig välkommen till er

arbetsplats. Jag vill också tacka min handledare Martin Lind för rådgivning och alla viktiga perspektiv och kommentarer som hjälpt till att utforma upplägget på denna rapport.

## Referenslista

- Alström-Rapaport, C., Leskinen, E., & Pamilo, P. (2010). Seasonal variation in the mode of reproduction of *Ulva intestinalis* in a brackish water environment. *Aquatic Botany*, 94, 244–249. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2010.08.003>
- Armoskaite, A., Barda, I., Purina, I., Sprukta, S., Fedorovska, A., & Strake, S. (2021). *Report on ecological impacts of macroalgae cultivation in the Baltic Sea region* (s. 20). Latvian Institute of Aquatic Ecology. [https://www.submariner-network.eu/images/grass/outputs/GoA\\_23\\_Report\\_on\\_ecological\\_impacts\\_of\\_macroalgae\\_cultivation\\_in\\_the\\_Baltic\\_Sea\\_region\\_final3.pdf](https://www.submariner-network.eu/images/grass/outputs/GoA_23_Report_on_ecological_impacts_of_macroalgae_cultivation_in_the_Baltic_Sea_region_final3.pdf)
- Armoskaite, A., Barda, L., Andersone, I., Bonnevie, I.-M., Ikauniece, A., Kotta, J., Koivupuu, A., Lees, L., Psuty, I., Strake, S., Sprukta, S., Szymanek, L., von Thenen, M., Schröder, L., & Hansen, H. S. (2021). Considerations of Use-Use Interactions between Macroalgae Cultivation and Other Maritime Sectors: An Eastern Baltic MSP Case Study. *Sustainability*, 13(24).
- Artfakta. (u.å). *Blåstång*. <https://artfakta.se/artbestamning/taxon/fucus-vesiculosus-232759> [2023-04-02].
- Artfakta. (u.å). *Grönslick*. <https://artfakta.se/artbestamning/taxon/cladophora-glomerata-232826>. [2023-04-02].
- Artfakta. (u.å). *Havssallat*. <https://artfakta.se/artbestamning/taxon/ulva-lactuca-232801>. [2023-04-02].
- Artfakta. (u.å). *Kräkel*. <https://artfakta.se/artbestamning/taxon/furcellaria-lumbricalis-232570> [2023-04-02].

Artfakta. (u.å). *Skräppe-tare*. <https://artfakta.se/artbestamning/taxon/saccharina-latissima-232754>  
[2023-04-02].

Artfakta. (u.å). *Strutsallat*. <https://artfakta.se/artbestamning/taxon/monostroma-grevillei-232843>  
[2023-04-02].

Artfakta. (u.å). *Sågtång*. <https://artfakta.se/artbestamning/taxon/fucus-serratus-232757> [2023-04-02].

Artfakta. (u.å). *Tarmalg*. <https://artfakta.se/artbestamning/taxon/ulva-intestinalis-232799> [2023-04-02].

Artfakta. (u.å.) *Östersjösallat*.

Asplund, L., Dahlberg, A. K., & Lindqvist, D. (2014). Bromerade ämnen giftiga för havsdjuren.  
*Havsutsikt*, 1.

Balar, N. B., & Mantri, V. A. (2019). Insights into life cycle patterns, spore formation, induction of reproduction, biochemical and molecular aspects of sporulation in green algal genus *Ulva*: Implications for commercial cultivation. *Journal of Applied Phycology*, 32, 473–484.

Berger, R., Malm, T., & Kautsky, L. (2001). Two reproductive strategies in Baltic *Fucus vesiculosus* (Phaeophyceae). *European journal of phycology*, 36, 265–273.

Bergström, L. (2005). Macroalgae in the Baltic Sea- responses to low salinity and nutrient enrichment in *Ceramium* and *Fucus*. Diss. Umeå Unviversitet. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:143463/FULLTEXT01.pdf>

BIOTIC- Biological Traits Information Catalogue. (u.å). *BIOTIC Species Information for Ulva intestinalis*. <https://www.marlin.ac.uk/biotic/browse.php?sp=4271> [2023-04-26].

Bird, C. J., Saunders, G. W., & McLachlan, J. (1991). Biology of *Furcellaria lumbricalis* (Hudson) Lamouroux (Rhodophyta: Gigartinales), a commercial carrageenophyte \*. *Journal of Applied Phycology*, 3, 61–82.



- Bruhn, A., Dahl, J., Nielsen, H. B., Nikolaisen, L., Rasmussen, M. B., Markager, S., Olesen, B., Arias, C., & Jensen, P. D. (2011). Bioenergy potential of *Ulva lactuca*: Biomass yield, methane production and combustion. *Bioresource Technology*, *102*(3), 2595–2604.
- Brzeska-Roszczyk, P., Barańska, A., & Kruk-Dowgiało, L. (2017). Review of selected methods of macroalgae cultivation in the marine waters. *Bulletin of the Maritime Institute in Gdańsk*, *32*, 129–136. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0010.6980>
- Christiansen, E. R. (2018). *The potential of Ulva for bioremediation and for food and feed*, Masteruppsats, Department of Bioscience. Aarhus Universitet.  
<https://docplayer.dk/154782299-And-for-food-and-feed.html>
- Enhus, C., Boalt, E., Lindqvist, D., Eklund, B., & Asplund, L. (2012). *Natural production of brominated aromatic compounds in the red alga *Ceramium tenuicorne** (2: 2012). Naturhistoriska riksmuseet.
- FAO och WHO. (2022). *Report of the expert meeting on food safety for seaweed – Current status and future perspectives* (Nr 13; Food safety and Quality Series).  
<https://www.fao.org/3/cc0846en/cc0846en.pdf>
- Göteborgs Universitet. (2018). *Miljöproblemen i Hanöbukten bör ses som en varningsklocka*.  
<https://gmv.gu.se/Aktuellt/nyheter/Nyheter+Detalj/miljoproblemen-i-hanobukten-bor-ses-som-en-varningsklocka-.cid1563811> [2023-05-19].
- Göteborgs Universitet. (2021). *Hur odlas alger?* <https://www.gu.se/swemarc-marint-vattenbruk/hur-odlas-alger> [2023-03-27].
- Hansen, J. (2015) Växter och djur i Östersjön: en fälthandbok. Stockholms universitets Östersjöcentrum.
- Hanömiljö. (u.å.). *Vattenvårdsförbundet för västra Hanöbukten: recipientkontroll Hanöbukten*.  
<http://www.hanomiljo.se/> [2023-05-18].

- Hatchett, W. J., Coyer, J. A., Sjøtun, K., Jueterbock, A., & Huarau, G. (2022). A review of reproduction in the seaweed genus *Fucus* (Ochrophyta, Fucales): Background for renewed consideration as a model organism. *Frontiers in marine science*, 9.
- Havet. (2023). *Växter och djur i våra hav*. <https://www.havet.nu/livet/arter/alger> [2023-04-03].
- HELCOM. (2013). *Red List Species Information Sheets (SIS) Macrophytes*. [https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/HELCOM-RedList-All-SIS\\_Macrophytes.pdf](https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/HELCOM-RedList-All-SIS_Macrophytes.pdf)
- Hoffman, S. (2021). Alger banar väg för en grönare framtid. *Havsutsikt*, 1.
- Hogstad, S., Cederberg, C. L., Eriksen, H., Kollander, B., Ólafsson, G. & Mikkelsen, B. (2022). *A Nordic approach to food safety risk management of seaweed for use as food*. Nordic Council of Ministers. <https://pub.norden.org/temanord2022-564/index.html>
- Kalita, T. L., & Tytlianov, E. A. (2003). Effect of Temperature and Illumination on Growth and Reproduction of the Green Alga *Ulva fenestrata*. *Russian Journal of Marine Biology*, 29(5), 316–322.
- Kautsky, L., Forslund, & Schagerström, E. (2023). Tångbloggen. *[blogg]*, <https://tangbloggen.com/> [2023-04-08].
- Kautsky, L., Qvarfordt, S., & Schagerström, E. (2020). *Restaurering av blåstångssamhällen i Östersjön*. Stockholms universitets Östersjöcentrum.
- Kersen, P., Paalme, T., Pajusalu, L., & Martin, G. (2017). Biotechnological applications of the red alga *Furcellaria lumbricalis* and its cultivation potential in the Baltic Sea. *Botanica Marina*, 60(2), 207–218. <https://doi.org/10.1515/bot-2016-0062>
- Kiirikki, M., & Lehvo, A. (1997). Life Strategies of Filamentous Algae in the Northern Baltic Proper. *Sarsia*, 82(3), 259–267. <https://doi.org/10.1080/00364827.1997.10413653>
- Kotta, J., Raudsepp, U., Szava-Kovats, R., Aps, R., Armoskaite, A., Barda, I., Bergström, P., Futter, M., Gröndahl, F., Hargrave, M., Jakubowska, M., Jänes, H., Kaasik, A., Kraufvelin, P., Kovaltchouk, N., Krost, P., Kulikowski, T., Koivupuu, A., Kotta, I., ... Barboza, F. R. (2022).

Assessing the potential for sea-based macroalgae cultivation and its application for nutrient removal in the Baltic Sea. *Science of the Total Environment*, 839.

Kulikowski, T., Jakubowska, M., Krupska, J., Psuty, I., & Szulecka, O. (2021). *Guide to macroalgae cultivation and use in the Baltic Sea Region*. National Marine Fisheries Research Institute.

Lantmäteriet. (2023). *Simrishamn*. <https://minkarta.lantmateriet.se/> [2023-04-25].

Liblik, T., Naumann, M., Alenius, P., Hansson, M., Lips, U., Nausch, G., Tuomi, L., Wesslander, K., Laanemets, J., & Viktorsson, L. (2018). Propagation of Impact of the Recent Major Baltic Inflows From the Eastern Gotland Basin to the Gulf of Finland. *Frontiers in marine science*, 5(222).

Livsmedelsverket. (2023). Nordisk rapport om tungmetaller och jod i alger.

<https://www.livsmedelsverket.se/om-oss/press/nyheter/pressmeddelanden/nordisk-rapport-om-tungmetaller-och-jod-i-alger> [2023-04-11].

Luthuli, S., Wu, S., Cheng, Y., Zheng, X., Wu, M., & Tong, H. (2019). Therapeutic Effects of Fucoidan: A Review on Recent Studies. *Marine Drugs*, 17(9), 487.

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*.

Malm, T., Kautsky, L., & Engkvist, R. (2001). Reproduction, Recruitment and Geographical Distribution of *Fucus serratus* L. in the Baltic Sea. *Botanica Marina*, 44, 101–108.

Marbipp. (2018). *Biotoper*. <https://www.marbipp.tbl.gu.se/2biotop/5tang/4utbredn/1.html> [2023-04-11].

Marint centrum. (2022). *Under ytan nyhetsbrev*. [https://www.simrishamn.se/wp-content/uploads/2018/11/mc\\_nyhetsbrev-dec-2022.pdf](https://www.simrishamn.se/wp-content/uploads/2018/11/mc_nyhetsbrev-dec-2022.pdf) [2023-06-07].

- Martin, G., Paalme, T., & Torn, K. (2006). Growth and production rates of loose-lying and attached forms of the red algae *Furcellaria lumbricalis* and *Coccotylus truncatus* in Kassari Bay, the West Estonian Archipelago Sea. *Hydrobiologia*, 554, 107–115.
- Meichssner, R., Krost, P., & Schulz, R. (2021a). Experimental testing of density- and season-dependent growth in vegetative *Fucus* aquaculture and modelling of growth over one year for different cultivation scenarios. *Journal of Applied Phycology*, 33.
- Meichssner, R., Krost, P., & Schulz, R. (2021b). Vegetative aquaculture of *Fucus* in the Baltic Sea—Obtaining low-fertility biomass from attached or unattached populations? *Journal of Applied Phycology*, 33, 1709–1720.
- Michalak, I., & Messyasz, B. (2021). Concise review of *Cladophora* spp.: Macroalgae of commercial interest. *Journal of Applied Phycology*, 33, 133–166.
- Naturhistoriska riksmuseet. (2014). *Havssallat, Ulva lactuca*.  
<https://www.nrm.se/faktaomnaturenochrymden/vaxter/kryptogamer/manadenskryptogam/alger/havssallatulvalactuca.1559.html> [2023-04-15].
- Nielsen, M. M., Paulino, C., Neiva, J., Krause-Jensen, J., Bruhn, A., & Serrão, E. A. (2016). Genetic diversity of *Saccharina latissima* (Phaeophyceae) along a salinity gradient in the North Sea-Baltic Sea transition zone. *Phycological Society of America*, 52(4), 523–531.  
<https://doi.org/10.1111/jpy.12428>
- Nordic SeaFarm. (2023). *EU-projekt- Ulva odling*. <https://www.nordicseafarm.com/recept-och-inspiration/eu-projekt-ulva-odling> [2023-04-04].
- Rahikainen, M., & Yang, B. (2021). *Macroalgae as food and feed ingredients in the Baltic Sea region – regulation by the European Union*. Åbo Universitet. [https://www.submariner-network.eu/images/grass/GRASS\\_O3.4a\\_EU\\_regulation\\_of\\_seaweed\\_food\\_and\\_feed.pdf](https://www.submariner-network.eu/images/grass/GRASS_O3.4a_EU_regulation_of_seaweed_food_and_feed.pdf)

Regeringskansliet. (2017). *Vision och mål för livsmedelsstrategin fram till 2030*.

[https://www.regeringen.se/contentassets/b52c21d68bcd4696adf4499e15007879/2017\\_lms\\_vision\\_mal\\_webb2.pdf](https://www.regeringen.se/contentassets/b52c21d68bcd4696adf4499e15007879/2017_lms_vision_mal_webb2.pdf)

Roberts, T., & Upham, P. (2012). Prospects for the use of macro-algae for fuel in Ireland and the UK: An overview of marine management issues. *Marine Policy*, 1047–1053.

Rocktopus, M. (u.å). Polysiphonia life cycle. <http://www.meghanrocktopus.com/bocas-arts-grant> [2023-04-04].

Rocktopus, M. (u.å). Ulva life cycle. <http://www.meghanrocktopus.com/bocas-arts-grant/9xptjuoz3echz7aido46ugk0vh7c8j> [2023-04-04].

Ruangchuay, R., Dahamat, S., Chirapat, A., & Notoya, M. (2012). Effects of culture conditions on the growth and reproduction of Gut Weed, *Ulva intestinalis* Linnaeus (Ulvales, Chlorophyta). *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 34(5), 501–507.

Sahoo, D., & Yarish, C. (2005). *Algal Culturing Techniques*. Elsevier Academic Press.

Siméon, A., & Hervé, C. (2017). Isolation of *Fucus serratus* Gametes and Cultivation of the Zygotes. *Bio-protocol*, 7(14).

Sjögren, L. & Martinson, K. (2021). Plocka tång & strandväxter: recept och tillagning. Natur & Kultur Allmänlitteratur.

Snoeijs-Lejonmalm, P., & Andrén, E. (2017). Why is the Baltic Sea so special to live in? I Snoeijs-Lejonmalm, P, Schubert, H. & Radziejewska, T. (red) *Biological Oceanography of the Baltic Sea*. Springer Nature. 23-31.

Steinhagen, S., Enge, S., Cervin, G., Larsson, K., Edlund, U., Schmidt, A. E. M., Wahlström, N., Kollander, B., Pavia, H., Undeland, I., & Toth, G. B. (2022). Harvest Time Can Affect the Optimal Yield and Quality of Sea Lettuce (*Ulva fenestrata*) in a Sustainable Sea-Based Cultivation. *Frontiers in marine science*, 9.

Steinhagen, S., Enge, S., Larsson, K., Olsson, J., Nylund, G. M., Albers, E., Pavia, H., Undeland, I., & Toth, G. B. (2021). Sustainable Large-Scale Aquaculture of the Northern Hemisphere Sea Lettuce, *Ulva fenestrata*, in an Off-Shore Seafarm. *Journal of Science and Engineering*, 9(6).

Steinhagen, S., Larsson, K., Olsson, J., Albers, E., Undeland, I., Pavia, H., & Toth, G. B. (2022). Closed life-cycle aquaculture of sea lettuce (*Ulva fenestrata*): Performance and biochemical profile differ in early developmental stages. *Frontiers in marine science*, 9.

Submariner Network (u.å.) *About GRASS: Growing Algae Sustainably in the Baltic Sea*.

<https://www.submariner-network.eu/events/412-first-multi-frame-project-webinar-2> [2023-03-28].

Titlyanov, E. A., & Titlyanova, T. V. (2010). Seaweed Cultivation: Methods and Problems. *Russian Journal of Marine Biology*, 36(4), 227–242. <https://doi.org/10.1134/S1063074010040012>

Tobiasson, S., Fredriksson, S., & Olsson, P. (2022). *Hanöbuktens kustvattenmiljö 2021* (LNU 2022:5). Blekinge Kustvatten och Luftvårdsförbund Vattenvårdsförbundet för västra Hanöbukten.

Van Oirschot, R., Thomas, J.-B. E., Gröndahl, F., Fortuin, K. P. J., Brandenburg, W., & Potting, J. (2017). Explorative environmental life cycle assessment for system design of seaweed cultivation and drying. *Algal Research*, 27, 43–54.

Vattenkikaren. (1998). *Strutsallat*.

<https://www.vattenkikaren.gu.se/fakta/arter/algae/chloroph/monogrev/monogr.html> [2023-04-13].

Visch, W. (2019). Sustainable Kelp Aquaculture in Sweden. Diss. Göteborgs Universitet.

[https://gupea.ub.gu.se/bitstream/handle/2077/62099/gupea\\_2077\\_62099\\_3.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://gupea.ub.gu.se/bitstream/handle/2077/62099/gupea_2077_62099_3.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Wikimedia Commons. (2023). Sweden location map.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sweden\\_location\\_map.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sweden_location_map.svg) [2023-04-25].

WWF. (2023). Östersjön- vårt unika innanhav. <https://www.wwf.se/hav-och-fiske/ostersjon/unikt-innanhav/> [2023-05-19].

Zalewska, T., & Danowska, B. (u.å.). Marine environment status assessment based on macrophytobenthic plants as bio-indicators of heavy metals pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 118(1–2), 218–288.

## Appendix

Bilaga 1. Kriterier för odlingsbarhet hos makroalger som förekommer i Östersjön.

Svenskt namn	Skräppetare	Blåstång	Rörhinna	Gaffeltång	Havssallat	Sågtång	Ullsläke	Strutsallat	Öster-sjösallat	Grönslick
Odlingspotential utefter kriterier	Låg	Medel	Hög	Medel	Hög	Medel	Låg	Medel	Medel	Medel
Vetenskapligt namn	<i>Saccharina latissima</i>	<i>Fucus vesiculosus</i>	<i>Ulva intestinalis</i>	<i>Furcellaria lumbricalis</i>	<i>Ulva fenestrata</i>	<i>Fucus serratus</i>	<i>Ceramium tenuicorne</i>	<i>Monostroma grevillei</i>	<i>Monostroma balticum</i>	<i>Cladophora glomerata</i>
Salthalt (psu) <sup>a,b</sup> <small>c,d,e,q1,q2,k</small>	<18	<5	<2	<4	<7	<7	<2	<5	<4	Ja, är en sötvattensart
Utbredning <sup>a,c</sup>	Skagerak-Bornholm	Skagerak-Bottenhavet	Hela Sverige	Kattegatt-Bottenhavet	Skagerak-Öland	Kattegatt-Öland/Gotland	Hela Sverige	Skagerak-Åland	Södra Kattegatt-Norra kvarken	Skagerak-Bottenviken
Substrat <sup>a,c,k</sup>	Hårt	Hårt	Hårt, littoralzon, hållkar	Hårt (fäst sittande) mjukt (löst liggande)	Hårt eller löst liggande form	Hårt	Hårt, epifyt (fr.a. på blåstång och kräkel)	Sten, skal, andra alger	Hårt, grunt, löst växande	Hårt, epifyt
Tål exponering <sup>g,h,i,d,k</sup>	Nej	Ja	Nej	Behöver lugnt vatten för sporer ska sätta sig	Nej	Föredrar exponering	-	-	-	Ja
Växtdjup (m) <sup>k,jl</sup> <small>l,m</small>	0-30	0-30	0-7	2-10	0-2	0-10	0-10	0,5-10	0-5	0-7
Förökningsstrategi <sup>k,c,d,h,i</sup>	S, A	S och A, V	S och A	S och A, V	S och A, V	S och A, V	S och A, V	S och A	S och A	A
Förökningstid <sup>k</sup> <small>jl,q1,i,h,k,d,41</small>	Okt-apr	Försommar eller höst	Fr.a. sommar, sporulering varje vecka.	Dec-april, peak feb/mars	Jun-aug	Höst eller vår	Jul-aug	Mar-maj	-	Apr-aug, flera generationer
Växtpå period <sup>k,m,n</sup> <small>c,q1,v,n,41,q1,y1,y2,05,42</small>	Okt-apr	Störst tillväxt jun-aug	Apr-okt	Fr.a. feb-jun (optimal tillväxt runt 15 °C)	Fr.a. höst-till maj (optimal tillväxt runt 10 °C)	Fr.a. apr-okt	Maj-aug	Sen vinter-maj	Maj-sep	Apr-sep
Ätlig <sup>c,n,m,v</sup>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Smaklig <sup>c,n</sup>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja	Nej
Oönskade ämnen <sup>j2,p1,p2</sup>	I, Pb	Cd, I, Pb	Pb	Ni	Cd, I, Pb	Cd, I, Pb	Bromfenoler	-	-	Bl.a Cd, I, Pb
Rapporterad i området <sup>e</sup>	Nej	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja
Inventerats i studien	Nej	Ja	Ja	Ja, löst sittande form	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja
Odlas kommersiellt <sup>42</sup> <small>c,s1,01,42</small>	Ja, Asien, Färöarna, Nordirland, Norge, Sverige	Nej	Ja, i Japan	Nej	Ja, i Asien och svenska <i>Nordic sea farm</i> på västkusten	-	-	Ja, i Japan	-	-

<b>Odlingmetod</b> <sup>a</sup> <small>1, 2, 41, v</small>	Långline- metod	-	Sporer på rep eller nät. Flytande i nät i Asien	-	I tankar på land eller långline- metoden	-	-	Tillväxt på nät i intertidalzonen ( <i>Monostroma</i> <i>spp.</i> ).	Tillväxt på nät i intertidal- zonen ( <i>Monostroma</i> <i>spp.</i> ).	-
<b>Testodlats i Östersjön</b> <sup>st, r, 42</sup>	Nej	Ja	Ja men mest i labb. Sporer på nät i havet	Nej men metod för testodling pågående i Estland	Nej	Ja	Nej	Nej	Nej	Nej
<b>Metod för testodling</b> <sup>st, r</sup>	-	Vegetativ tillväxt i flytande korgar	Sporer på fiskerät i havet	-	Odling av sporer och gametofyer i lab. Långline- metod eller nät i havet	Vegetativ tillväxt i flytande korgar	-	-	-	-
<b>Skördas vilt</b> <sup>st, 42, c, 41, 43, 44</sup>	Island, Irland	Frankrike, Irland	Bl.a Japan, Thailand	Estland.	-	Irland.	-	-	-	Thailand
<b>Skördas vilt i Östersjön</b> <sup>st, 42</sup>	Danmark	Nej	Nej	Endast i Estland	Nej	Danmark.	Nej	Nej	Nej	Nej
<b>Används som livsmedel</b> <sup>s2, v, s3, n, p1</sup>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	-	Ja	-	-
<b>Används som annat</b> <sup>st, s2, h, 4, 41, v, w, 42, 31</sup>	Kosmetika	Kosmetika, kosttillskott. Fucoidan och fucoxanthin i läkemedel	Upptag av fosfor och kväve för att motverka övergödning	Kosmetika, hydrocolloi d, Furcellaran	Potentiellt biobränsle, kosttill- skott	Kosttill- skott, Fucoidan och fucoxant- hin i läkemedel	Rött pigment, agar	-	-	Cellulosa i pappersmassa, gödning, djurfoder, närlings-och metalljon- upptag, kosmetika mm

S= sexuell, A= asexuell, V= vegetativ

- = ingen data funnen.

Källor: a) Havet (2023), b) (Kautsky m.fl., 2020), c) (Kautsky m.fl., 2023), d) (Michalak & Messyasz, 2021), e) Artfakta (u.å.), f) Marbipp (2018) g) (Alström-Rapaport m.fl., 2010), h) (Kersen m.fl., 2017), i) (Malm & Kautsky, 2003), j1) Naturhistoriska riksmuseet (2004). j2) (Enhus m.fl., 2012), k) BIOTIC (u.å), l) HELCOM (2013), m) Hoffman (2021), n) Sjögren och Martinsson (2021), o) FucoSan (2020), p1) (FAO och WHO, 2022) p2) Hogstad m.fl. (2022), q1) Vattenkikaren (1998), q2) Östersjön (u.å.), r) (Meichssner m.fl., 2021b), s1) (Armoskaite, Barda, Purina, m.fl., 2021), s2) (Kulikowski m.fl., 2021), s3) (Rahikainen & Yang, 2021), s4) (Kotta m.fl., 2022), t) (Ruangchuay m.fl., 2012), u) (Bergström, 2005), v) (Steinhagen m.fl., 2021), w) (Luthuli m.fl., 2019), x) (Bruhn m.fl., 2011) y1) (Meichssner m.fl., 2021a), y2) Steinhagen, Enge, m.fl. (2022), z) (Balar & Mantri, 2019), å1) (Kiirikki & Lehvo, 1997), å2) (Bird m.fl., 1991), ä1) (Zalewska & Danowska, u.å.), ä2) (Brzeska-Roszczyk m.fl., 2017), ö1) (Visch, 2019), ö2) Nordic Seafarm (u.å), ö3) Kalita & Tytlianov (2003.)