Musselodling i Östersjön som miljöåtgärd - nya positiva data från tre pågående EU projekt[1]

Författare[2]
Anders Kiessling[2.1], Martyn Futter[2.2], Katarina Elofsson[2.3] och Aleksandar Vidakovic[2.4]

Ingress: Nya resultat visar att musselodlingar i Östersjön har en betydande potential att bidra till att minska övergödningen samtidigt som förutsättningar skapas för en cirkulär ekonomi/produktion. För att ta musselodling till nästa nivå krävs dels ytterligare förfining av den nya tekniken, men framförallt fler och i förlängningen också

Musselodling S:T Anna, foto Lena Tasse, Region Östergötland

större odlingar samtidigt som vi måste vidareutveckla alla de initiativ som nu pågår hur näringen kan återanvändas i livsmedelssystemet på ett effektivt och ekonomiskt lönsamt sätt.

Bakgrund: Under de senaste hundra åren har Östersjöregionen byggt upp ett stort överskott av fosfor och kväve, så kallade närsalter genom import av framförallt konstgödsel, djurfoder och livsmedel. Detta överskott av näring hamnar via vattendrag och reningsverk förr eller senare i Östersjön och bidrar till övergödning med igenväxta vikar, algblomningar och döda bottnar som följd. Mer än 40 år av landbaserade åtgärder har inte lyckats lösa detta problem och även om vi helt skulle stoppa tillförseln från land kommer det ändå ta till nästa generation innan vi återfår en acceptabel nivå eftersom bottnarna läcker inlagrad näring från forna utsläpp - så kallad interngödning/internbelastning. För att en återhämtning av Östersjön ska vara möjlig inom en överblickbar framtid behöver vi därför även göra insatser som minskar effekterna av interngödningen. Flera åtgärder har föreslagits, såsom storskalig muddring, ökat fiske och fastlåsning av tillgänglig fosfor i bottensedimenten med exempelvis aluminium. Inget av dessa alternativ kan emellertid beskrivas som hållbara eller realistiska och en insikt har därför vuxit fram, att vi utöver att minska förlusterna av näring från land till vatten, måste skapa ett fungerande och långsiktigt kretslopp där näring återförs från Östersjön tillbaka till matproduktionen på land. Detta är helt avgörande för att dels skapa en framtida balans – kretslopp mellan hav och land, och dels för att minska behovet av

[1] **Information från följande projekt har använts i sammanställningen:**

- Baltic Blue Growth, Interreg Baltic Sea Region Project 2016-2019
  https://projects.interreg-baltic.eu/projects/baltic-blue-growth-11.html
- NutriTrade, Interreg Central Baltic project 2015-2018
  https://nutritradebaltic.eu/
- Rich Water, EU Life project 2016-2024
  http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=6104

[2.] **Författarnas tillhörighet:**

[1] Professor i Akvakultur, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU. Ledamot KSLA.
[2] Docent, Institutionen för vatten och miljö, SLU. Ledamot KSLA.
[3] Professor i nationalekonomi, Södertörns högskola. Docent i nationalekonomi, SLU. Projektledare i NutriTrade.
[4] Forskare och arbetspaketsansvarig Baltic Blue Growth, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU.

import från områden utanför Östersjöns avrinningsområde och därigenom skapa en balans mellan export – import av näringsämnen i form av gödsel, foder och livsmedel.

I mars 2018 publicerade Östersjöcentrum vid Stockholms Universitet (SU) en rekommendation att inte stödja musselodling i Östersjön som en miljöåtgärd[3] Man menade att mycket tydde på att det skulle vara en ineffektiv metod och man därmed riskerade att slösa med samhällets resurser. Vad som inte nämndes var att på initiativ av såväl Sverige som EU pågick samtidigt flera projekt för att just ta fram ett bättre beslutsunderlag runt musselodling som miljöåtgärd i Östersjön. Detta då dåvarande kunskap byggde på gammal teknik och svagt underbyggda data. Nu börjar de nya forskningsprojekten att bära frukt. Dessa visar att musselodling med rätt teknik kan utgöra ett viktigt och kostnadseffektivt komplement till åtgärder på land för Östersjön. Vi menar att rekommendationerna från SU gällande musselodling i Östersjön bör ersättas med nya rekommendationer baserat på denna nya kunskap.

Ny teknik ger nya data: EU-projektet Baltic Blue Growth (BBG) har för första gången tagit fram jämförbara data för närsalter i musslor odlade i bräckt respektive salt vatten och har nyttjat ny odlingsteknik utvecklad speciellt för liten mussla likt den vi har i Östersjön. Data som använts som underlag för tidigare rekommendationer är däremot baserad på teknik för stor mussla, typisk för Västkusten. Trots att användandet av denna nya teknik bara är i teststadiet ser vi redan en produktion på 3-4 kg mussla per löpmeter odlingsrep, vilket är nästan 400 % högre jämfört med det som tidigare kunnat uppnås i Östersjön med teknik anpassad för stor mussla. Exempel på odling med den nya och för Östersjömussla anpassad teknik är dels EU projekten Baltic Blue Growth (St Anna skärgård) och Life-IP projektet (Stockholms skärgård)[4]. I S:t Annas skärgård, Östergötland utformades 2016 en 4 hektar odling för ”miljö/foder mussla” med den nya och till Östersjömussla anpassade tekniken. Den förväntade skörden beräknades däremot utifrån tidigare resultat med gammal teknik anpassad för stor matmussla. Man räknade därför med en total produktion om 25 ton. När den 2-åriga odlingscykeln avslutades hade man skördat 80 ton, det vill säga mer än 3 gånger mer än man trodde var möjligt. En liknande erfarenhet av ökning i produktion med cirka 4 gånger gjorde man i Life-IP projektet ”Rich Water” som utvärderar musselodling i Stockholms skärgård, också med den nya tekniken anpassad till Östersjöns lilla mussla. Även här fick man genomgående en mycket större påväxt av musslor än väntat utifrån den gamla odlingstekniken för stor mussla, vilket innebar att flytkraften på deras testriggar har behövt förstärkas fortlöpande för att inte den stora mängden musslor skulle sänka dem, vilket faktiskt också hände. Som tur var gick det i alltid att fiska upp dessa av musslor nedtyngda riggarna och förstärka deras flytkraft, så de kunde fortsätta användas genom hela projektet.

Skörd av liten mussla S:T Anna. Observera hur odlingslinan inte behöver lossas vilket gör att skörden i princip kan ske dagligen med valfri mängd och del av odlingen. Denna flexibilitet är viktig om musslan t.ex. skall ingå i djurfoderproduktion. Design och konstruktion av utrustning, Mats Emilsson, Vattenbrukscentrum Ost, VCO. Bild Jason Baily, VCO

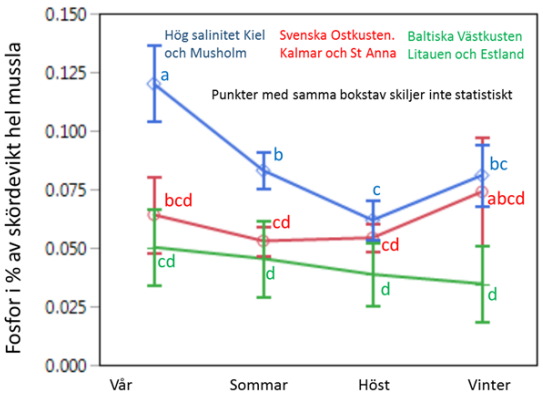

Fig. 1 Förändring av fosforhalterna i hel mussla (inklusive skal och vatten) vid skörd, odlade vid olika saliniteter och delar av Östersjön och årstider. Data från Interreg projektet Baltic Blue Growth, BBG

Näringsinnehåll i bräckt och salt vatten: Utöver att produktionen per produktionsenhet är många gånger högre än väntat kan vi även konstatera att skillnaden i näringsinnehåll mellan musslor från själva Östersjön och västra Östersjön (Danmark/Kiel) med hög salinitet är mindre än vad som har

[3] Hedberg N, Kautsky N, Kumblad. L and Wikström S. 2018. Limitations of using blue mussel farms as a nutrient reduction measure in the Baltic Sea. Report 2, 2018. Baltic Sea Center, Stockholm University.

[4] För att se odling och skörd i S:t Anna: http://www.vattenbrukscentrumost.se/sv/2018/06/11/ny-film-om-musselodlingen-i-sankt-anna/ och http://novaator.err.ee/634918/24-kilomeetril-koitel-elab-soodav-merepuhastusjaam i Estland. (ännu ej eng. text, Estländska).

presenterats tidigare. Framförallt kan vi konstatera att halten fosfor per kg skördad hel mussla under höst och vinter (då man skördar) är likartad från båda sidor av Sverige med hög respektive låg salinitet (bräckt vatten). I figur 1 visas detta som medelvärden för de olika saliniteterna. Figur 2 utgår från samma data, men här visas de enskilda mätpunkterna per prov (varje prov består av en batch om 50-150 musslor). Vad vi ser är att flertalet av proverna från västra Östersjön (Kiel/Danmark) har högre fosforhalt under mars till juni, men att antalet prover från östra Östersjön (låg salinitet; Svenska ostkusten från Kalmar till S:t Anna och kusten utanför Baltikum) är få under samma tid (Fig. 2).

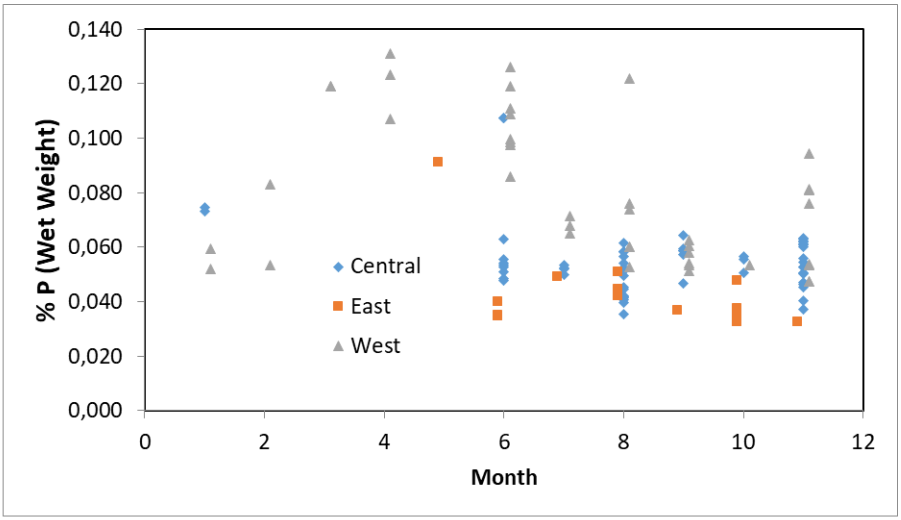

Fig. 2 Förändring av fosforhalterna i hel mussla (inklusive skal och vatten) vid skörd, odlade vid olika saliniteter och delar av Östersjön och årstider. Data från Interreg projektet Baltic Blue Growth, BBG

Dock ser vi att även här finns enstaka batcher av provtagen hel mussla som visar högt innehåll av fosfor (Fig. 2). Genom att halterna av fosfor per hel mussla är så lika mellan västra och östra Östersjön på sommar, höst och tidig vinter, misstänker vi att prover tagna under vår och tidig sommar representerar mer lekmogna musslor, som på grund av stora mängder könsprodukter (gameter) innehåller högre halt av just fosfor (P) och kväve (N). Det är därför sannolikt att om musslor hade samlats i lekstadiet också från östra Östersjön hade de haft samma halt av P oavsett om musslan växt i västra eller östra Östersjön. För att få klarhet i detta krävs att provtagning specifikt inkluderar lekande eller icke lekande mussla. Även resultat från analyser på rent musselkött (musslor utan skal, se tabell 1) tyder på att det inte är någon egentlig skillnad i näringsinnehåll mellan musslor från hög respektive låg salinitet. Inte heller totala mängden musselkött (torrsubstans) skiljer sig åt mellan musslor från låg respektive hög salinitet (Tabell 1). Detta är extra intressant då det är i själva musslan vi finner N och P och inte i skalet. Hittills har vi endast analyserat N- och vattenhalten i musselköttet, men vi ser från analyser i hel mussla (med skal) att halten P samvarierar med halten N, (R^2> 0.82, se figur 3), det vill säga, mer än 80 procent av variationen i N följer exakt med den i P. Detta är vanligt i levande vävnad eftersom dessa mineraler ingår i en fysiologisk balans. Vi utgår därför ifrån att det samband vi ser i hel mussla mellan N och P (se figur 3) kan användas för att beräkna P utifrån N också i musselköttet (se tabell 1).

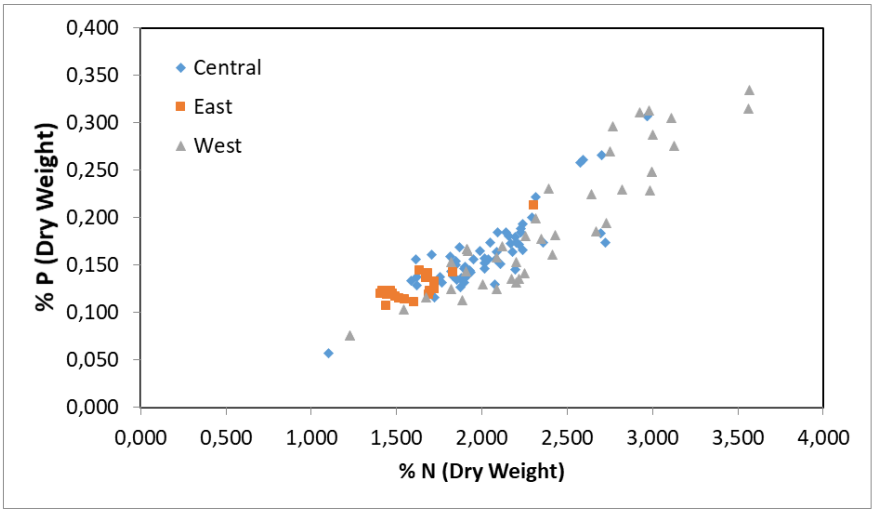

Fig. 3 Samvariation mellan fosfor- och kvävehalterna i hel mussla (inklusive skal och vatten) vid skörd, odlade vid olika saliniteter och delar av Östersjön och årstider. Data från Interreg projektet Baltic Blue Growth, BBG

Skördevikten per mussla används när vi utvärderar hur mycket näringsämnen vi lyckas ta tillbaka. Detta då det är ett enkelt mått för såväl odlare som myndighet. Skördevikten kan delas upp i tre delar. Skalet, musselköttet och fritt

vatten. Det fria vattnet fastnar dels utanpå skalet och sen stannar en del innanför skalet när musslan stänger sig. Musselköttet innehåller i sin tur av protein, fett och lite kolhydrat (det är det vi kallar näringsämnen) och mineraler samt bundet vatten (inne i vävnaden). Det är här vi finner N och P i musslan. Om vi analyserar innehåll av bundet vatten och näringsämnen i själva musselköttet så ser vi ingen skillnad mellan musslor odlade i låg eller hög salinitet (Tabell 1). Vad vi däremot ser en tydlig skillnad i är det så kallade utbytet, det vill säga hur stor andel musselköttet utgör av totala skördevikten. Detta är av intresse när man skall förstå varför olika musslor kan innehålla olika mängder närsalter uttryckt per skördevikt. Eftersom vi inte finner någon skillnad i själva musselköttet mellan låg och hög salinitet, och vi vet att skalet på större mussla (som vi finner i hög salinitet) är tyngre än på liten mussla, tror vi att den skillnad vi ser i utbyte beror på att den lilla musslan från Sveriges ostkust innehåller mer fritt vatten per skördekilo. Detta är helt logiskt då många små musslor har en betydligt större yta än färre stora musslor, där vatten kan följa med upp vid skörd. I praktiken har det ingen betydelse, då vi alltid räknar på mängd N och P per kg skördad mussla utifrån säsongssnittet från det område vi skördar, inklusive skal, vatten och kött. Vi tror därför att det något lägre innehållet i musslor från Östra Östersjön, när vi beräknar N och P per skördevikt av hel mussla (Fig. 1 och 2), beror på att mer fritt vatten finns/följer med musslan vid skörd. Fetthalten i själva musselköttet är däremot något högre i mussla från östra Östersjön, med en mellannivå i musslor från Svenska Ostkusten och lägst i musslor från västra Östersjön med hög salinitet (Tabell 1). Om detta innebär att musslor från Östersjön innehåller mer nyttiga fetter per kg mussla än musslor från högre salinitet återstår att undersöka. Om så vore fallet skulle det kunna ha betydelse för användningen av musslorna i olika processer på land efter skörd. En del av dessa möjligheter visas i en kort film från BBG[5].

Område	TS kött (%)	Utbyte. Musselkött av hel mussla (%)	Fetthalt musselkött TS (%)	Mängd N (%) av TS	Mängd P (%) av TS (beräknad, R^2=0.82)
Västra Östersjön	15.1 a	**58 a**	**7.3 a**	**9.5 a**	**1.41 a**
Svensk Ostkust	14.2 a	**52 b**	**8.8 a**	**10.3 a**	**1.48 a**
Baltikum + Åland	13.7 a	**41 c**	**12.4 b**	**9.7 a**	**1.33 a**

Tabell 1. I tabellen visas data från analys av musselkött från västra Östersjön med hög salinitet, samt Svenska Ostkusten, Baltiska kusten och Åland med lägre salinitet. TS= torrsubstans (vävnadsvikt av rensad mussla – vattnet i vävnaden). Utbyte= vikt musselkött/vikt hela musslan x 100). N= kväve och P= fosfor. Värden med samma bokstav skiljer sig inte åt statistiskt (p>0.05)

Skörd av liten mussla S:T Anna. Observera den enkla utrustningen som krävs vilket är en betydande faktor i att reducera produktionskostnader. Design och konstruktion av utrustning, Mats Emilsson, Vattenbrukscentrum Ost, VCO. Bild Lena Tasse, Region Östergötland.

Produktionskostnader: Sammantaget visar dessa nya resultat på att produktionskostnaden, och därmed kostnad för återvunnet P och N, i enskilda odlingar närmar sig den i saltvatten, med potential till ytterligare kostnadsreducering genom ny arbetsbesparande teknik som videoövervakning som ett exempel. Likaså kan kostnaderna komma att sänkas vid större volymer till exempel genom att fler odlingar kan gå samman och få mängdrabatt vid inköp, samutnyttja skördeutrustning, transporter, processeringsteknik med mera. Projekten visar även något annat viktigt, nämligen att vi kan nå en betydande produktion ända upp till Norrtälje samt i inre vikar nära fastlandet. Härigenom kan den välkända effekten av musselodling, där musslorna filtrerar bort partiklar, vilket

[5] https://www.youtube.com/watch?v=oDSEfeetDQY

i sin tur ger klarare vatten och ökat siktdjup, också komma innerskärgårdens lek - och yngelplatser för fisk tillgodo, då det förbättrade ljusgenomsläppet främjar tillväxt av makroalger och bottenlevande växter (se detta demonstrerat i film från BBG[3]).

Under odlingen: Vidare har vi sett att nedfallande skal/musslor och fekalier gynnar bottenfaunan under odlingen. Detta har tidigare undersökts i detalj och konstaterats på Åland[6] och samma effekt verkar fås även vid projektens odlingar i S:t Anna[7] och i Kielbukten[8] med en ökad biodiversitet som resultat. Med andra ord precis tvärtom mot vad man befarat. Vi är helt eniga med tidigare rapporter om att det finns kunskapsluckor kring hur miljön kan komma att påverkas vid storskalig odling i till exempel större fjärdar och/eller offshore (som är en möjlig strategi ihop med vindkraftsparker). Dagens kunskap tyder dock på att det går utmärkt att odla i mindre enheter i stora delar av skärgården, och dessa nya resultat indikerar att det kan finnas tio till hundratals mer lämpliga odlingsarealer än vad man tidigare har estimerat, så det är kanske just här vi skall satsa i närtid?

Inom projektet NutriTrade har man samlat in uppgifter om planerad musselproduktion och produktionskostnader från de projekt i Östersjön och i Danmark där sådana uppgifter varit tillgängliga. Analys av dessa data visar att om odlingsutrustningen används under hela sin livslängd uppgår odlingskostnaden till knappt 5 kronor per kilo våta musslor. I denna beräkning har man inte tagit hänsyn till eventuella framtida kostnadseffektiviseringar. Det medför att kostnaden för att rena P från Östersjön med hjälp av musslor förefaller, redan med nuvarande underlag, kunna vara lägre än vad som är fallet för en del åtgärder som idag erhåller stöd via landsbygdsprogrammet för detta syfte, som exempelvis skyddszoner och våtmarker, självklart förutsatt att musselodling är lämpligt på den lokal man vill odla. Eftersom inte målet för minskade P-utsläpp i Egentliga Östersjön nås i dagsläget, är ytterligare åtgärder nödvändiga. I detta sammanhang kan musselodling vara kostnadseffektivt också i Östersjöns bräckta vatten. Och, även om musslor växer bättre på Västkusten så är det i Östersjön odlingen måste genomföras för att komma Östersjön till godo. Dessa nya data visar att musselodling i hela Östersjön är ekonomiskt försvarbart.

Baserat på ovan så konkluderar vi att musselodling utgör ett intressant och konkurrenskraftigt alternativ för att återta näringsämnen från Östersjön och tillbaka till produktion på land.

Rekommendationer

1. Komplettera minskad näringstillförsel från land med ett återupptag av näring
Trots decennier av landbaserade åtgärder ökar totala mängden fosfor i Östersjön, vilket visar att åtgärdstakten är för långsam och att effekterna från interngödning är omfattande. Om vi ska nå våra nationella och internationella miljömål för Östersjön krävs därför åtgärder, såsom musselodling, vilka även reducerar den näring som redan läckt ut. Det är därför vår rekommendation att staterna runt Östersjön och deras gemensamma organisationer, som HELCOM, aktivt integrerar musselodling som en delåtgärd.

2. Satsa på fler och större odlingar för att öka kunskapen om miljöeffekterna
Till dags dato har inga negativa miljöeffekter av betydelse konstaterats från musselodlingar i Östersjön. Däremot positiva effekter såsom förbättrat siktdjup, minskade näringshalter och ökad biodiversitet har konstaterats vid upprepade tillfällen. Dagens musselodlingar är emellertid små och för att försäkra sig om miljönyttan behöver effekterna mätas på fler och större odlingar enligt standardiserade metoder.

3. Arbeta vidare med teknikutveckling och optimering
Ett antal småskaliga projekt har testat och utvecklat metoder för Östersjöns speciella förhållanden och på mindre än 10 år har man bland annat ökat skörden med flera hundra procent. Detta har bidragit till att man idag närmar sig den potential för musselproduktion som förutspåtts. En uppskalning och fortsatt teknikutveckling kan sannolikt bidra ytterligare till högre produktion och sänkta kostnader.

[6] Kraufvelin & Diaz. 2015. Sediment Macrofauna communities at a small mussel farm in northern Baltic proper. Boreal Envir. Res. 20: 378-390.
[7] Fact sheet, " Environmental impacts of mussel farming" by BBG, https://www.submariner-network.eu/projects/balticbluegrowth/deliverables
[8] Philipp Süßle, Particulate Organic Matter Sedimentation and Ecological Consequences at a Blue Mussel Farm in the Kieler Förde, Bachelor Thesis, Fach Hochschule Lübeck, Univ. Applied Sciences and Coastal Research & Management.