

Teknisk beskrivning av skörd logistik, processteknik och avsättning inom LIFE IP Rich Waters/LOVA Stockholm

Delrapport 3 av LIFE IP Rich Waters delprojekt C14 Innovative mussel farming to reduce nutrients

Diarienummer: 501-51604-2018

Musselodling som näringsreducerande åtgärd



Figur 1. Små musslor med ett stort värde – redo att skördas! Foto: Johan Hammar/LIFE IP Rich Waters.

Utveckling av skörd, logistik, processteknik och avsättning för
effektivare upptag och återcirkulering av näringsämnen



Havs
och Vatten
myndigheten

Länsstyrelserna



ecopelag

Delrapport 3 för aktivitet 6 och 7 av LIFE IP Rich Waters

Statliga bidrag från EU (LIFE) till Länsstyrelsen (Rich Waters) är medfinansierare för genomförandet av detta projekt

Författare: Martin Karlsson och Martin Reutgard

2024-10-31

Dokumentationen, inklusive fotografier, får fritt användas och spridas av Länsstyrelsen och andra aktörer

Innehållsförteckning

Teknisk rapport del 2 – Aktivitet 6 & 7	5
Bakgrund	5
Activity 6	5
Activity 7	5
Odling.....	5
Skördeteknik.....	6
Utrustning	6
Skördeprocess	9
Skördeperiod.....	9
Logistiklösningar	10
Transport och <i>in situ</i> lagring.....	10
Avsättning och processteknik	13
Skal och köttseparation.....	13
Foder.....	16
Jordförbättring.....	17
Utmaningar och utveckling	18
Odling	18
Skörd.....	18
Logistik	20

Teknisk rapport del 2 – Aktivitet 6 & 7

Bakgrund

Fram till idag har musselodling på den svenska östkusten endast bedrivits i mindre pilot/prototypskala och har till största delen förlitat sig på arbetsintensiva och kostsamma skördemetoder och logistiklösningar. Även om detta arbetssätt har varit tillräckligt effektivt för att driva utvecklingen framåt så ger det inte förutsättningarna för en ekonomiskt hållbar och självbärande verksamhet. För att göra musselodling mer kostnadseffektivt har Ecopelag därför inom ramarna för "Innovative mussel farming to reduce nutrients" - Rich Waters C14 inkluderat aktivitet 6 (vid amendment 2).

Activity 6

"Lowering production cost by initiating the development of a harvest system adapted to the conditions and prerequisites in the Baltic Sea. This activity will include evaluation, testing and adaptation of different sub-components in a harvest system including logistic solutions for transportation and storing mussels".

Fokus har legat på integrering och anpassning av redan existerande tekniker och lösningar inom såväl mussel- som fiskeindustrin. Testarbetet och anpassningar i fält har primärt utförts av Ecopelag medan konstruktion av komponenter samt test av olika logistiklösningar även har inkluderat extern expertis så som konstruktörer, utrustningstillverkare samt fiskare. Viktigt att poängtera är att utvecklingsarbetet är en saminvestering där ett flertal projekt utöver LIFE IP Rich Waters har bidragit till resultaten. Samtliga projekt drivs av Ecopelag EF.

Parallellt med arbetet kring skörd och logistik har Ecopelag inom aktivitet 7 arbetat med, och utvecklat tekniker kring fortsatt bearbetning av mussla samt avsättning i form av produktutveckling (återcirkulering av näringsämnen).

Activity 7

"Evaluation of mussel farming in the NBWD as a remedial measure from a socio-economic and an environmental cost-benefit perspective".

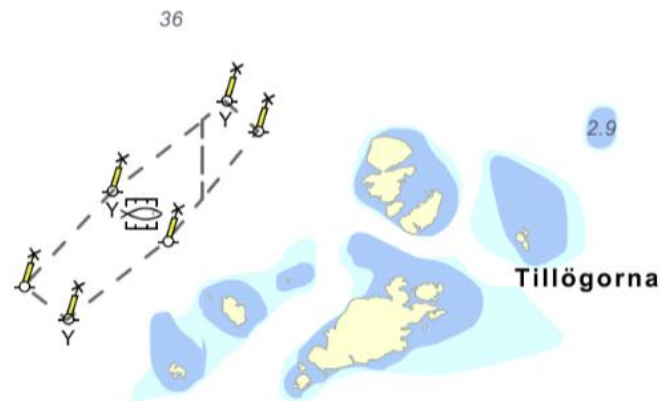
I jämförelse med fas 1 har projektet under fas 2 och 3 genererat förhållandevis stora volymer mussla vilket har medfört möjligheter att undersöka olika alternativ. Detta har även möjliggjorts genom etablering av ytterligare en odling i Norstensfjärden. Ecopelag har även initierat kontakt med ett flertal aktörer inom ett antal olika branscher som har intresse av blåmussla från Östersjön som råvara. Då alla dessa spår inte ryms inom ramarna för detta projekt har Ecopelag även sökt kompletterande medel för att ytterligare öka miljönyttan.

I denna rapport redovisas de tekniska aspekterna kring processtekniker och avsättning medan de ekonomiska analyserna och kalkylerna kopplade till dessa redovisas i rapporten för kostnads/nyttoanalys.

Odling

För att nå målsättning med att öka miljönyttan valde Ecopelag att under 2021–2022 etablera ytterligare en odling från den lista som föreslogs i ansökan. Odlingen etablerades i Norstensfjärden i

Stockholms skärgård och djupet på platsen ligger på ca 40–45 meter. Odlingen är uppbyggd på samma sätt som projektets andra odlingar (se delrapport 2) och består av 15 odlingsenheter. Varje enhet är cirka 200 meter lång från ankare till ankare. I odlingen är tre enheter sammankopplade till en länk. Totalt består odlingen av fem länkar i bredd med ett avstånd på 20 meter mellan varje. Odlingens totala längd är alltså cirka 600 meter och har en bredd på cirka 80 meter.



Figur 2. Sjökort över odlingsområdet i Norstensfjärden.

Skördeteknik

En central och grundläggande del av musselodling är ett enkelt och effektivt skördesystem. Ett system som kan skörda stora volymer på kort tid sänker produktionskostnaderna avsevärt och minskar även tiden som de skördade musslorna behöver förvaras innan bearbetning.

Utgångspunkten i detta projekt har varit den teknik som bland annat används i Nederländerna för skörd av ytbaseerade long-linesystem. Ecopelag har sedan starten av Rich Waters fört diskussioner med ett flertal europeiska maskintillverkare för att undersöka olika alternativ. Under projektets gång fick Ecopelag emellertid kontakt med initiativtagarna till musselodlingen i Sankt Anna skärgård och möjlighet att integrera deras utrustning i Ecopelags verksamhet.

Musselodlingen i Sankt Anna etablerades inom Interreg-projektet Baltic Blue Growth, BBG (för mer information: <https://www.2020.submariner-network.eu/balticbluegrowth>), och har sedan dess producerat stora mängder mussla som bidragit till ett betydande upptag av näring. Odlingen var en av de första i Östersjön och sedan starten 2014 har både odlings- och skördeteknik tagit stora kliv framåt. Under 2020 avslutades BBG och förvaltarna av odlingen i Sankt Anna, Vattenbruks Centrum Ost (VCO), initierade då ett arbete med att hitta alternativa lösningar för fortsatt drift. Under 2022 kontaktades därför Ecopelag med förfrågan om föreningen skulle kunna tänka sig att driva detta initiativ vidare. Då vi ansåg att odlingen även i framtiden kan ha en viktig roll för det fortsatta miljöarbetet i Östersjön så tackade vi ja och har sedan dess arbetat för att integrera odlingen i Ecopelags verksamhet. I och med övertagandet av odlingen så överläts även delar av utrustningen som använts vid skörd.

Utrustning

Utrustningen kommer initialt från företaget Bakker och har stått monterad på en träflotte (ca 5x10

meter) som konstruerats inom BBG. På flotten har även ett hydraulsystem varit installerat för att driva kran och skördeutrustning. För att underlätta skörd består själva skördeutrustningen av ett transportband där odlingsrepet matas in och sedan dras igenom en avskalare med gummipaneler. Musslorna skiljs då från odlingsrepet och följer med transportbandet ner i en bigbag eller box medan repet med hjälp av ett antal drivhjul transporteras ner in separat bigbag eller box. Transporten av odlingsrep har emellertid modifierats inom BBG så att de kan gå tillbaka ner i vattnet efter att musslorna avlägsnats.



Figur 3. Skörd vid Sankt Anna med hjälp av Baltic Blue Growths träflotte och skördeutrustning.

Som nämnts ovan är det vanliga tillvägagångssättet att odlingsrepen efter avskalning går ner i en bigbag för att sedan förvaras på land inför nästa odlingscykel då de placeras ut på nytt. Den primära anledningen till detta är att man vill undvika påväxt av andra organismer som konkurrerar ut musslorna. Förutsättningarna i Östersjön är emellertid annorlunda då artantalet är betydligt lägre (jämfört med mer salina områden) och därmed är också konkurrensen lägre. Detta minskar ner antalet arbetsmoment då man inte behöver ta upp och sätta i odlingrep i slutet och början av varje säsong - vilket i förlängningen ökar kostnadseffektiviteten.

Ecopelag har sedan övertagandet arbetat med att utveckla och anpassa denna utrustning. Dels för att göra den säkrare och effektivare, dels för att anpassa den till vår nedsänkta odlingsteknik. Steg ett var att flytta över skördeutrustningen från plattformen i trä till en robustare aluminiumpråm med dubbla motorer (används endast för transport). Aluminiumpråmen försågs även med tre separata torn vardera med en uppsättning av kapstan och hydrauliska drivhjul. Kapstansystemet har installerats för att fånga in och mata upp bärlinan på drivhjulen så att den placeras längs med pråmen på en bra arbetshöjd. När bärlinan väl är på plats kan man vid skörd (samt tillsyn och etablering) flytta sig längs med odlingen utan att gå på motordrift. Förutom att minska personalstyrkan med en person så ger det även ett betydligt jämnare skördetempo.



Figur 4. Pråmen sjösätts i Nynäshamn.

Utöver själva skördeutrustningen har pråmen även kompletterats med ett tvättsteg i form av en trumtvätt. Trumtvätten har placerats så att musslorna passerar tvätten innan de går ner i bigbagen. Förutom att skölja bort skräp så separerar maskinen musslorna från varandra samt sorterar ut de minsta musslorna.

Rena, separerade och sorterade musslor ger betydligt bättre förutsättningar vid fortsatt bearbetning men förlänger även hållbarheten på musslorna då merparten av alger och döda musslor sorteras bort vilka annars skulle påskynda nedbrytningen.



Figur 5. Trumtvätt som senare monterats på skördepråmen.

Skördeprocess

Genom det utvecklingsarbete och förbättringar som genomförts har personalstyrkan kunnat reducerats från tre till två personer. För att klara av de arbetsmoment som en skörd kräver, på ett säkert och effektivt sätt, krävs emellertid en besättning två personer. Följande arbetsmoment är inkluderade i skördeprocessen.

1. Fånga linan med hjälp av dragg och dra upp den med hjälp av kapstanssystemet på de hydrauliska hjulen
2. Förflytta pråmen till starten av odlingsrepen
3. Ta tag i änden av odlingsrepet och skär loss den första loopen
4. Trä upp odlingsrepet genom avskalare och dragare och starta matningen
5. Allt eftersom odlingsrepet matas in skärs nya loopar av och pråmen förflyttas längs bärlinan med hjälp av de hydrauliska hjulen
6. Parallellt med att nya loopar skärs av monteras loppar tillbaka efter de skalats av
7. När bigbagen är full flyttas den med kran och en ny bigbag sätts på plats
8. När alla musslor skördats på en lina lyfts linan av med hjälp av kapstanssystemet och pråmen förflyttas till nästa rigg

Skördeperiod

Grundtanken vid skörd är att maximera volymen mussla per tidsenhet. Det finns emellertid ett flertal parametrar som man behöver ta hänsyn till och som påverkar utfallet för skörden.

Avsättning - I ett optimalt scenario bör man självfallet skörda när det finns efterfrågan på produkten men detta kan till stor del styras av vilken typ av slutprodukt man riktar in sig på. Om musslorna inte ska säljas levande till humankonsumtion kan de frysas, torkas eller konserveras för att på så sätt

anpassa tillgång till efterfrågan. Detta betyder även att man kan skörda stora volymer vid varje tillfälle - något som sänker kostnaderna och underlättar logistik. Då det idag inte finns några produktionsområden för just livsmedelsmussla i den svenska delen av Östersjön har Ecopelag i första hand inriktat sig på foderprodukter. Detta betyder att efterfrågan kan anses relativt konstant över året även om volymer kopplade till foder för produktionsdjur kan variera något.

Väderberoende - Precis som all verksamhet till havs så är skörd av musselodling väderberoende och inte möjlig vid för kraftig vind, sjögång eller is. Genom att ha fartyg anpassade och godkända för tuffare förhållanden kan antalet möjliga skördedagar per år utökas. Här spelar även valet av lokal stor roll då förhållandena mellan olika platser kan skilja sig markant.

Algtoxiner – Precis som på alla andra platser där man odlar mussla i världen behöver man i anslutning till skörd undersöka halterna av algtoxiner. Nyligen utförda studier visar emellertid att halterna i musslor i Östersjön generellt ligger under satta gränsvärden. Under sommarmånaderna när algbloomingarna är som intensivast kan emellertid värden överskridas, vilket betyder att om man planerar skörd under dessa perioder, behöver man utföra tätare provtagningar. Då års- och mellanårsvariationer förekommer bör man även vid skörd under andra delar av året utföra provtagningar för algtoxiner.

Kylkedja - För att garantera en slutprodukt som är av god kvalitet är det viktigt att man håller musslorna levande till vidare bearbetning. Musslor kan klara sig länge på land förutsatt att temperaturen är låg. Det är därför fördelaktigt att skörda under årets kalla svala/månader eftersom "hållbarheten" förlängs avsevärt. Värt att nämna är dock att det inte får vara för kallt då musslorna då kan frysa när de tagits upp ur vattnet.

Kött halt och näringsupptag - Även om musselodling har ett flertal positiva effekter på miljön (låg koldioxidavtryck, skapar cirkularitet, kan ersätta mindre hållbara proteinkällor, skapar jobb etc.) så har fokus inom detta projekt legat på upptag av näringsämnen (kväve och fosfor). Här är syftet att återta näring från hav till land vilket betyder att vi primärt vill skörda när köttvolymen på musslan är så stor som möjligt. Detta sker på våren innan lek men även på hösten

Sammanfattningsvis vill man alltså primärt välja lugna kalla dagar då detta underlättar skörd och håller kvaliteten på musslorna, samtidigt som man undviker algbloomingar och maximerar närsaltsupptaget. Utifrån dessa förutsättningar är vår och höst att föredra.

Logistiklösningar

Inom aktivitet 6 har Ecopelag även tittat närmre på logistikupplägg och tekniska lösningar kopplade till transport och mellanlagring av mussla med målsättningen att minska antalet arbetsmoment och därmed öka kostnadseffektiviteten. Stora besparingar i produktionskostnader kan framför allt genomföras om skördemängd, logistik (transport etcetera) samt bearbetning är anpassade till varandra i tid och volym.

Transport och *in situ* lagring

Under fas 2 och 3 har Ecopelag framför allt tittat närmre på olika transportalternativ med eget

fartyg (skördepråm), inhyrd transportbåt, lastbil och fiskefartyg. Vilken typ av transportmedel som lämpar sig bäst handlar om vilka volymer som ska transporteras men även geografiska förutsättningar och avstånd. Ecopelag har idag odlingar både inomskärs och utomskärs vilka är utspridda från Stockholm till Västervik. Odlingarna inom detta projekt ligger i Stockholmsregionen i Jungfrufjärden, Norstensfjärden (samägd med annat projekt) samt Erstaviken (ingen skörd utförd på grund av ejderpredation). För närmare lokalbeskrivning se Teknisk rapport del 1.

Vid skörd i Norstensfjärden, som ligger ca 10 nautiska mil utomskärs, transporterades musslorna med inhyrt fartyg till Ornö för att därifrån transporteras vidare med lastbil för bearbetning i Västervik. Musslorna från Jungfrufjärden transporterades i stället med den egna skördepråmen för att sedan ta samma rutt med lastbil till Västervik. Skillnaden mellan de två lokaliteterna är avståndet till anslutning och omlastning till lastbil. Vid längre sträckor till sjöss går mycket skördetid förlorad om fartyget som skördar även ska transportera musslorna. För att effektivisera skörden är det därför att föredra att sköta transporten med ett annat fartyg och nyttja lokala entreprenörer.

Ett alternativ till ovanstående exempel, förutsatt att processlokalen ligger i anslutning eller i närheten av en kaj, är att transportera hela sträckan med fartyg. Ecopelags odling i Västervik ligger endast sju nautiska mil från fabriken vilket gör transport till fabrik med skördepråmen möjlig. En förutsättning för en kostnadseffektiv transport över längre sträckor med större fartyg är att betydligt större volymer mussla transporteras per tillfälle. För att göra detta möjligt behövs en väldigt stor skördekapacitet eller att musslorna kan lagras i någon form av nedsänkt kasse på plats i odlingslokalen tills det tillräckligt stor volym har skördats och upphämtning kan ske. I dagsläget är odlingarna som drivs av Ecopelag dock relativt små och kapaciteten i skördeutrustningen förhållandevis låg. Men inför en framtida uppskalning har Ecopelag tittat närmare på att lagra mussla i sjön mellan skördedagar samt nyttja redan existerande teknik som används i fiskefartyg med trålutrustning.

Tillsammans med besättningen på Scanö undersöktes i slutet av maj 2022 möjligheten till att pumpa musslor från vattnet och ombord på fartyget. Under försöket användes Scanös trål som kasse för mellanlagring. Denna typ av utrustning lyfts inte upp ur vattnet vid trålning utan fisken pumpas genom ett munstycke i trålen botten. Trålen fylldes med tidigare skördade musslor och pumpades sedan genom fartygets vattenavskiljare och in i fartygets lastrum. Musslorna pumpades sedan från lastrummet och upp på land. Även om försöken utfördes i liten skala visade testerna att denna teknik inte bara fungerar vid trålfiske utan även vid pumpning av mussla. Den enda egentliga anpassningen som behövde göras var att öka vattenflödet för att kunna "driva" musslan genom systemet - då den har en högre densitet än fisk. Förutom själva pumptekniken utfördes även ett enklare försök för att undersöka musslornas "tryckeffekt" på varandra. Vid lagring eller transport av stora mängder mussla kommer de oundvikligen belasta varandra med vikt vilket betyder att musslornas skal skulle kunna spricka (och musslan dö). Till försöket användes ett 6 m långt rör som fylldes till brädden med mussla. Ingen påverkan kunde ses på de understa musslorna vilket indikerar att skalen tål en relativt hög belastning. Självklart finns det även andra utmaningar med transport av stora mängder mussla så som - kyla, syre etcetera men dessa har inte varit möjliga att titta på inom ramarna för detta projekt.



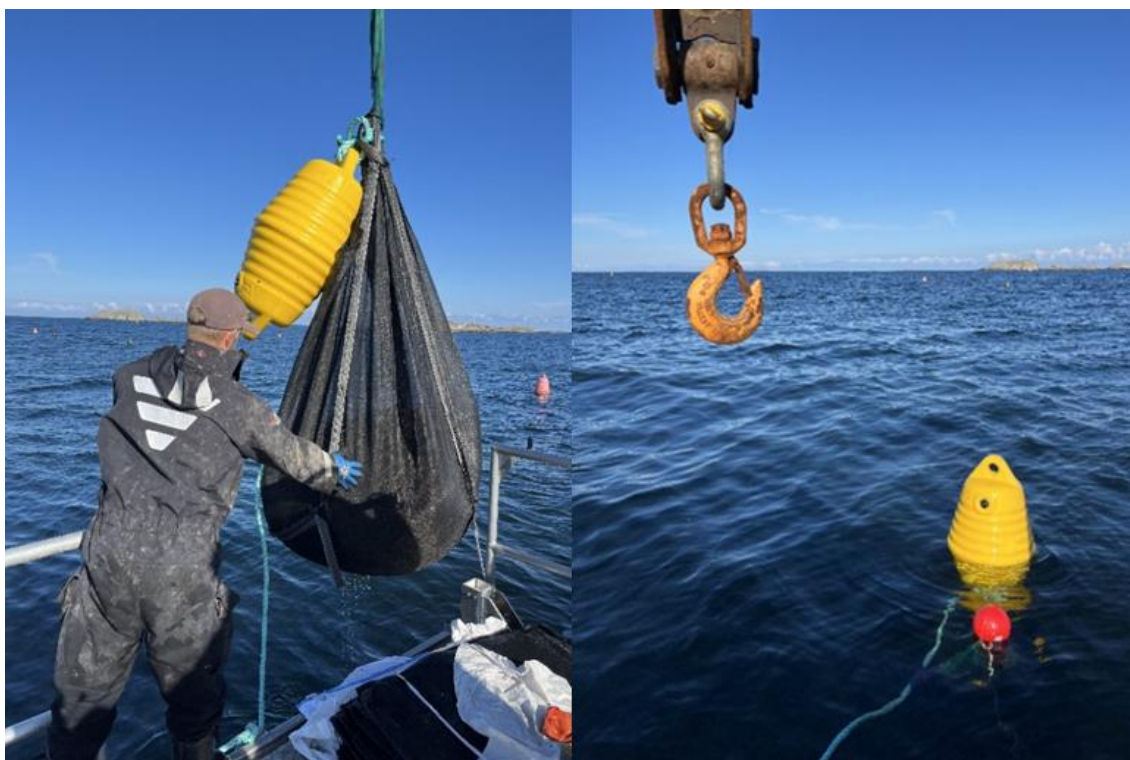
Figur 6. T.v. visas munstycke för anslutning till trål och t.h. visas pumpning från fiskebåt till vattenavskiljare.

Vid ett betydligt större odlingsscenario är tanken att så pass mycket mussla ska kunna skördas och hållas levande, att ett helt fartyg ska kunna fyllas (ca 100 m³). Skördade musslorna skulle då kunna pumpas från stationära anpassade kassar (med förmonterad anslutning för trålpump) på odlingslokalen. Transport av den här typen av volymer skulle betydligt sänka kostnaderna och öka kostnadseffektiviteten. Viktigt att poängtera är att alla led i produktionskedjan måste kunna hantera mängden mussla - även slutprocesseringen.

För att undersöka möjligheten till *in situ* lagring i odlingen har Ecopelag parallellt med utvärdering av olika transportsystem utvärderat lagring av mindre volymer mussla på plats i odling. Tester har utförts där färdigskördade säckar av mussla har placerats i vattnet och gjorts fast i skördepråmen.

Där har musslorna förvarats i 1–3 dagar. Dessa musslor har sedan bearbetats med tillfredställande resultat utan försämring i kvalitet något som troligtvis beror på att vattnet håller en jämn temperatur (som musslan anpassat sig till) och samtidigt ger en kontinuerlig tillförsel av nytt syrerikt vatten.

Som nämnts ovan skulle alltså denna metod kunna sänka transportkostnaderna men den skulle även kunna bidra till att mindre billigare skördefartyg kan användas då all mussla inte behöver placeras på däck. Även om storskalig transport ligger en bit in i framtiden har lagringen i vattnet redan idag sänkt kostnaderna då de har möjliggjort transport av större volym då skörd från ett flertal skördedagar har kunnat samtransporterats.



Figur 7. Big bag med musslor placeras i vattnet för in situ-lagring.

Avsättning och processteknik

Två viktiga aspekter för att öka kostnadseffektiviteten för musselodling är avsättning och processteknik. Inom Rich Waters och kompletterande projekt har Ecopelag bland annat jobbat med följande aktiviteter inom dessa områden:

Skal och köttseparation

Mellan 2020 och 2024 har Ecopelag genomfört ett antal försök med målet att separera kött och skal. Syftet har varit att höja värdet på musslan genom att skapa två "fraktioner" för fortsatt bearbetning.

Under våren 2021 konstruerade Ecopelag tillsammans med teknisk expertis en mindre tryckkammare för kokning av mussla. Tekniken hade under 2020 testats i mindre skala och bygger på befintliga processer som används för konsumtionsmusslor, men modifierades för att passa Östersjöns mindre musslor. Testet inkluderade också ett separationssteg där mättad saltlösning användes, vilket fick köttet att flyta och skalet att sjunka. Metoden utvärderades och visade att alla storleksfraktioner separerade väl. Den separerade köttfraktionen torkades sedan innan den maldes till ett finkornigt mjöl.

Under hösten 2022 utvärderades två tekniker i samarbete med västkustföretaget Sweden pelagic. Dels testades en ångtunnel som används vid separation av skal från räka. Musslorna öppnade sig men ångan lyckades inte dela på skal och kött. Troligen berodde det på att ångan applicerades utan tryck.



Figur 8. T.v. prototyp av tryckkokare och t.h. separation av musslor av olika storlek.



Figur 9. Ångseparation under hösten 2022 i samarbete med västkustföretaget Sweden Pelagic.



Figur 10. Test av en benseparator för att skilja kött och skal åt.

Även en benseparator testades av fabrikatet Baader. BAADER har utvecklat en beprövad metod för att separera mjuka och fasta komponenter för ett brett spektrum av råvaror så som kött, fågel och fisk.

Tyvärr visades tekniken inte klara av mussla på ett tillfredställande sätt. Både råa och ångade musslor kördes genom maskinen med liknande resultat där en stor andel av köttet fortfarande var kvar i skalfraktionen. Den pressvätska som bildades hade även en väldigt hög vattenhalt vilket skulle göra torkningsprocessen väldigt dyr. Vi tror emellertid att det kan finnas potential för metoden men att det kommer krävas utveckling.

Utöver ovan nämnda "mekaniska" processer undersöktes våren 2024, tillsammans med *Institutionen för energi och teknik* möjligheten att använda fluglarver för separation av kött och skal. Primärt skulle larvkomposten kunna nyttjas när andra metoder inte är lämpliga som tex om musslorna skulle innehålla algtoxiner över gränsvärden eller om kylkedjan inte har varit intakt. Studien visade emellertid att utbytet (omvandlingen av mussla till larv) var lägre än väntat men även att separationen av larver från restprodukterna (fras och skal) var komplicerat. Positivt var dock att ingen bioackumulering av toxiner skedde samtidigt som de minskade över lag.

Utifrån de ovanstående försök av processtekniker har slutsatsen dragits att separation med högt tryck är den mest gångbara. Positiva aspekter finns emellertid hos alla metoder men ytterligare utveckling krävs för att de ska vara aktuella.



Figur 11. Test hos Institutionen för miljö och teknik på Sveriges Lantbruksuniversitet för att skilja kött från skal.

Foder

Ecopelag har under fas 2 även tagit hjälp av SLU för att ta fram två sorters foder, ett till katt och ett till hund. Försöksfodren ska ses som ett "proof of concept" på att musselmjölet går att använda vid tillverkning av mat till husdjur. Receptet sattes samman av experter på fodertekniska labbet och en extruderings teknik användes för att producera ett torrfoder i form av pellets.



Figur 12. Testbatcher av sällskapsdjursfoder t.v. och råvara t.h. i form av musselmjöl.

Jordförbättring

Utöver foderförsök har Ecopelag tillsammans med konsultföretaget Grobruket tittat närmre på innehållet i skalen och potentiella användningsområden inom jordförbättring. Sett till den totala kalkverkan är musselskalen i nivå med kalksten med den fördelen att argonit är mer lösligt än calcit som återfinns i kalkstenen. Analyserna visade dessutom att en produkt för gräsmattor vore lämplig, likaså i trädgårdslandet om inte tillräckligt med mullämnen tillförs för att kompensera försurningen som sker vid borttag.

Inom konceptet jordförbättring har Ecopelag även tittat närmre på processteknik av musslor som inte har hygieniserats (av någon anledning kasserats innan bearbetning).



Figur 13. Testförsök att hygienisera restströmmar av musslor genom kompostering med ensilage och hönsbajs.

Utmaningar och utveckling

Inom Rich Waters har Ecopelag arbetat med alla delar inom musselodling rörande odlingsteknik, skörd, logistik, processteknik och avsättning (återcirkulering). Även om vi inom projektet tagit fram ett fungerande upplägg inom dessa områden ser vi att det finns ytterligare förbättringar att utveckla och implementera.

Odling

Under fas 1 och 2 har det noterats vid ett antal tillfällen att odlingarna legat djupare än önskat. Detta har korrigerats, i och med det löpande underhållet, genom att extra flytkraft monterats. Detta påverkade tyvärr musslornas tillväxttakt negativt vilket resulterade i att slutsköörden blev mindre än beräknat. Vi har emellertid tagit lärdom av detta och under fas 3 har vi bland annat fokuserat på arbetet med effektivisering och förenkling av arbetsmomenten kopplade till utplacering av odlingar. I dagsläget är emellertid dessa moment fortfarande tunga och tidskrävande. Här finns det ytterligare arbete att göra och vi kommer i kommande utvecklingsarbete titta närmre på hur man kan effektivisera metodiken kring detta.

Skörd

Vid goda förhållanden och god tillväxt kan ca 1T mussla skördas i timmen. Då tekniken idag fortfarande är under utveckling så är det en bit kvar tills detta tempo kan hållas under en hel arbetsdag. Anledningen är främst att mycket tid går åt att korrigera, lösa, och anpassa diverse inställningar och arbetsmoment. Detta gör idag jobbet tungt då mycket manuellt arbete behöver läggas för att säkerställa en effektiv skörd. Vi gör emellertid hela tiden framsteg och är övertygade om att vi framöver både kommer att hitta rätt gällande arbetsmoment och handgrepp men även att ytterligare framsteg kommer att tas inom den tekniska biten - något som kommer underlätta arbetet markant.

Under årets skörd har det även varit en hel del problem med de substrat som använts vilket har bidragit till det tunga jobbet. Vid skörd upptäcktes det att stor del substratets av loopar av typen Donahuges X-mas tree rope hade snurrat sig kring sig själva - något som gjorde att mycket mussla

skrapades av redan i vattnet och gick förlorad. Ecopelag tittar nu på möjligheten till att reklamera dessa då det med största sannolikhet är ett tillverkningsfel. Substraten har även bytts ut mot substrat som inte har en inbyggd "vilja" att snurra sig, med hjälp av externa medel ej kopplade till LIFE IP Rich waters.



Figur 14. Trasslat substratrep.

Under fas 3 har vi även haft problem med predation vilket minskat den totala skörden. Detta gäller primärt odlingen i Erstaviken som gick från god tillväxt under maj 2022 till att vara helt tomma i april 2023.

Här har samma problematik med predation uppstått tidigare under fas 1 då mindre testburar placerades ut i området, sannolikt från ejder (*Somateria mollissima*). Slutsatsen då var att närmiljön har stor betydelse för predation från sjöfågel, lokaler inomskärs i anslutning till låga platta kobbar och skär där ejdern kan vila har haft större risk för predation. Vilket stämmer bra överens med lokalen i Erstaviken. Förhoppningen var emellertid att predationen skulle vara begränsad med tanke på skillnad i skala mellan de två odlingsenheterna. Om fortsatt odling ska ske i Erstaviken kan det eventuellt behövas någon form av skydd mot ejder. Det finns idag flera typer av tekniker framtagna för just detta från ljus och ljud till mer fysiska applikationer så som nät - något som med framgång använd bland annat i Kielbukten vid odling av matmussla.



Figur 15. T.v. musselsubstrat med god tillväxt (våren 2022) och t.h. tomta substrat (våren 2023).

Utöver de rent tekniska aspekterna tror vi att nyckeln till en väl fungerande verksamhet i framtiden är att möjliggöra fler skördedagar under året för att på så sätt möjliggöra en högre nyttjandegrad av skördeutrustningen. Även om kötthalten är som högst innan leken under våren så har vi idag data som pekar på att musslorna även under andra delar av året har en bra köttkvalitet och samtidigt bidrar till ett kostnadseffektivt närsaltsupptag (se Cost-benefitrapport). För att lyckas med detta behöver man emellertid ta hänsyn, lösa och arbeta kring de parametrar som nämns under "Skördeperiod". Vi arbetar idag bland annat med SLU för att titta på hur man kan hitta säkra delar av året för att undvika algtoxiner men också på hur man ska kunna förutspå dem - något som skulle kunna underlätta och utöka skörd. Vi tittar också på möjligheten till att införskaffa ett större fartyg som skulle öppna upp för att arbeta i betydligt längre in på årets kalla månader.

Logistik

Förutom fördelen med en längre arbetssäsong så tror vi även ett större fartyg i kombination med existerande utrustning är rätt väg att gå för att underlätta logistiken kopplad till musselodling. Ecopelag har idag ett flertal odlingar spridda längs där förutsättningarna skiljer sig vilket möjliggör användning av olika typer av upplägg. Här ser vi även en fördelning mellan olika typer av fartyg och transportalternativ beroende på verksamhet. Att ha all utrustning som krävs för att sätta upp och driva en musselodling på egen hand är kostsamt och vi ser därför att vissa moment med fördel kan hyras in - då framför allt vid utplacering av tunga ankarvikter samt vid transport av mussla.



Figur 16. Iläggning av betongankare och fastsättning av ankarlinor vid etablering av nya enheter i Jungfrufjärden.

Sammanfattningsvis så ser vi att det finns många olika system för att bygga upp en fungerande verksamhet och att den till stor del är kopplade till yttre förhållanden och avsättningsalternativ. För att få till en så kostnadseffektiv åtgärd som möjligt är det emellertid viktigt att skördevolymen blir så stor som möjligt per tidsenhet och att den är anpassad på så sätt att man fyller de transportmedel man använder men också så att musslan kan bearbetas utan förluster.

Avsättning och processteknik

Idag finansieras musselodling på Sveriges östkust till största delen av stöd. Precis som inom all ny teknik och innovation så har detta stöd varit avgörande för att bygga upp en kunskapsbas och driva utvecklingen framåt. Vi tror emellertid att nästa viktiga steg är att skapa en hållbar cirkulär ekonomi kring musselodling. Här kommer effektiva processer och intäktsgenererande produkter vara nyckeln. Om fler kan se en lönsamhet i musselodling kommer det naturligt leda till etablering av fler och större odlingar vilket på sikt skulle ge ett betydande upptag av näring och en livskraftigare Östersjö.

Ecopelag kommer att ta vidare resultaten från Rich Waters och dess kompletterande projekt och arbeta vidare med utmaningarna för att ytterligare kostnadseffektivisera musselodling som en miljöåtgärd bland annat inom projektet Baltic MUPPETS. Baltic MUPPETS har ett övergripande syfte att visa att det är möjligt att skapa en livskraftig verksamhet baserad på blåmusslor som är både lönsam och fördelaktig för Östersjömiljön.