

---

# BELLONA

---



## Livsløpsanalyse for integreert havbruk i Norge

September 2017

---

# BELLONA

---

**Bellona** ble etablert 16. juni 1986, og er en uavhengig, ideell miljøstiftelse som arbeider for å utvikle bærekraftige og karbonnegative løsninger. Vi arbeider for økt økologisk forståelse og vern av natur, miljø og helse. Bellona er engasjert i de viktigste nasjonale og internasjonale miljøspørsmål i verden i dag.

Bellonas visjon: «Vi vil skape det bærekraftige og karbonnegative samfunn».

**Bellona** er etablert i Oslo, Brussel, Murmansk og St.Petersburg.

Av Anders Karlsson-Drangsholt og Kari Torp

© 2017 av Miljøstiftelsen Bellona. Alle rettigheter er reservert. Brukere kan laste ned, skrive ut eller kopiere utdrag av innhold fra denne publikasjonen kun for egen og ikke-kommersiell bruk. Deler av arbeidet kan heller ikke reproduseres uten bruk av sitat eller kildehenvisning til Bellona. Kommersiell bruk av denne publikasjonen krever forutgående samtykke fra Bellona

Design: Bellona

Foto forside: Thinkstockphotos

*Ansvar: Bellona bestreber å sikre at informasjonen beskrevet i denne rapporten er korrekt og fri for opphavsrett, men garanterer ikke og påtar seg ikke noe juridisk ansvar for nøyaktigheten, fullstendigheten, tolkning eller nytten av informasjon som kan følge bruken av denne rapporten.*

# Integrert multitrofisk akvakultur i Norge: Rammeverk for livsløpsanalyse

---

Av Anders Karlsson-Drangsholt og Kari Torp, Bellona

## 1. Innledning

Formålet med denne rapporten er å presentere et teoretisk rammeverk for en livsløpsanalyse (LCA= Life Cycle Assessment) av integrert multitrofisk akvakultur (IMTA) i Norge. Rapporten vil ikke vektlegge detaljer og føring av regnskap, men i stedet peke på områder der videre kartlegging er nødvendig, og hva en bør fokusere på når en LCA for IMTA skal utføres. Tanken er at rapporten kan benyttes av fremtidige IMTA-aktører, samt være med og danne et grunnlag for videre arbeid med LCA for IMTA når mer data blir tilgjengelig.

LCA er en standardisert metode for miljøregnskap av et produkts eller en aktivitets livsløp. Forbruk av energi og materiale samt utslipp til miljøet identifiseres og beskrives og inkluderer hele livsløpet til produktet, fra utvinning av råvarer frem til bruk og avhending av produktet – fra vugge til grav (1).

Den opprinnelige tanken med rapporten var å foreta en LCA som evaluerer den totale miljøpåvirkningen i hele verdikjeden av integrert havbruk (IMTA). Kombinert med en miljøkonsekvensutredning av IMTA (2) vil en LCA kunne gi et bedre helhetsbilde av størrelsen på de faktiske miljøeffektene i ulike deler av produksjonsprosessen. Imidlertid ser vi at en LCA for IMTA vil bli begrenset sammenlignet med tilsvarende analyser som er tilgjengelig for konvensjonell lakseoppdrett, da det per i dag ikke finnes noen eksisterende fullskala IMTA-anlegg i Norge og derfor ingen reelle produkter å utarbeide en LCA for.

Vi har derfor valgt å fokusere på en tidlig fase av LCA for IMTA i form av et rammeverk, som vil kunne tilrettelegge for et videre arbeid med LCA-prosjekter innen IMTA. Målet er å få fram hvilke synergier mellom artene det er viktig å fokusere på og hvilke effekter på omkringliggende miljø og klima som må inkluderes i livsløpsanalyser av produkter fra integrerte produksjonsmetoder.

Arbeidet er finansiert av Nærings- og fiskeridepartementet og Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond. Vi vil takke Erik Skontorp Hognes ved Sintef Ocean AS for nyttige innspill til rapporten.

## 2. Sammendrag

Når man skal sammenligne miljøavtrykk fra forskjellige produkter eller prosesser er livsløpsanalyser svært nyttige verktøy. For at forbrukere, myndigheter eller andre interessenter skal få en forståelse av de kvantitative forskjellene i miljøavtrykk mellom produkter er det svært viktig at livsløpsanalyser utføres. Rammeverket i denne rapporten gir en oversikt over hvilke prosesser og deler av verdikjedene innen integrert multitrofisk akvakultur (IMTA) som må kartlegges for å kunne utføre en livsløpsanalyse. Rammeverket er tenkt som et utgangspunkt for fremtidige analyser. IMTA er en form for havbruk der avfall fra ett dyr, for eksempel fisk, blir næring for andre dyr, for eksempel tare, blåskjell og/eller sjøpølser. Fordelene er økt utnyttelse av næringsstoffene i fiskefôret og derfor mindre utslipp til miljøet, samt økt produksjon. Avhengig av hva som produseres kan resultatet bli mat, råvarer til fiskefôr eller bioenergi, eller andre produkter. Hovedutfordringen med å utføre en livsløpsanalyse for IMTA er at det ikke eksisterer noen kommersielt tilgjengelige produkter fra IMTA i Norge i dag. IMTA er enda i uttestingfasen, og det fører til at det er en del ukjente momenter knyttet til dyrking, prosessering og videre anvendelse av de mest sannsynlige kandidatene til IMTA-produksjon bortsett fra laks; blåskjell og sukkertare. Kartlegging av de ukjente delene av verdikjeden er essensielt for å kunne si noe kvantitativt om miljøavtrykket til hele produksjonssystemet og de forskjellige produktene. Ved en fullstendig livsløpsanalyse er det viktig å finne gode løsninger på hvordan næringsstoffresirkulering håndteres, hvilke allokeringer som gjøres og hvilke følger det får for miljøavtrykket til de forskjellige artene i IMTA og produkter av disse.

### 3. Avgrensning

IMTA i Norge og lignende klimatiske forhold domineres i dag av tre arter: laks, sukkertare og blåskjell. Det er gjort en del arbeid med andre makroalgearter som butare og søl, men sukkertare er desidert mest dominerende. I tillegg finns det et vell av andre potensielle arter for dyrking i IMTA, men for disse er veldig lite kunnskap tilgjengelig. Det gjør det også lite håndfast å skulle ta utgangspunkt i en produksjonssyklus i IMTA for disse artene for et rammeverk for LCA. I denne rapporten har vi derfor valgt å fokusere på et IMTA-system med laks, sukkertare og blåskjell. Videre har vi valgt å fokusere på det som skiller IMTA-produksjon fra konvensjonell lakseproduksjon i Norge i dag. For lakseproduksjonen vil hovedvekten av vurderingene derfor omhandle forandring i klimaavtrykk og utslipp av næringsstoffer fra systemet. Negative miljøeffekter på vill laksefisk som rømming av oppdrettslaks og lakselusmitte fra oppdrettslaksen er ikke tatt med siden IMTA her antas å skille seg lite fra dagens lakseoppdrett. For sukkertare og blåskjell har vi vurdert hele produksjonssyklusene.

Rapporten tar for seg produksjonen fra «cradle-to-gate», det vil si produksjon frem til levering av slaktefisk fra merdkanten eller høsting av tare eller blåskjell. Det er store variasjoner i videreforedlingsprosesser og potensiell bruk etter produksjon. Dette vil utvilsomt påvirke klimaavtrykk, men det er for tidlig å se for seg en hel verdikjede nå. Inklusjon av tare- og blåskjellprodukter i fôr til laks vil derimot vurderes inn. Det er sentralt i IMTA og vil gi et bilde av potensielle synergier mellom artene og effektene av samdyrking og resirkulering av næringsstoffer.

## 4. Innholdsfortegnelse

1. Innledning.....	3
2. Sammendrag.....	4
3. Avgrensning.....	5
4. Innholdsfortegnelse.....	6
5. Laks.....	7
5.1 Konvensjonell lakseoppdrett.....	7
5.2 Næringsstoffer.....	7
5.3 Klimaavtrykk.....	7
6. Sukkertare.....	9
6.1 Stiklingsproduksjon.....	9
6.2 Sjøfasen.....	9
6.2.1 Innsatsfaktorer og dyrkingsmetode.....	9
6.2.2 Klimaavtrykk.....	9
6.2.3 Næringsstoffer og direkte miljøeffekter.....	10
7. Blåskjell.....	12
7.1 Industriskjell.....	12
7.2 Blåskjell til humankonsum.....	12
7.3 Industriblåskjell i IMTA.....	13
7.3.1 Innsatsfaktorer.....	13
7.3.2 Klimaavtrykk.....	14
7.3.3 Næringsstoffer og direkte miljøeffekter.....	14
8. Andre vurderinger.....	16
8.1 Allokering av utslipp.....	16
8.2 Produkt og foredling.....	16
9. Avslutning.....	17
10. Referanser.....	18

## 5. Laks

### 5.1 Konvensjonell lakseoppdrett

Det eksisterer allerede livsløpsanalyser for klimaavtrykk for en rekke produkter fra norsk oppdrettslaks (3,4). En oppdatering av tallene i studiene (fra 2009-11) skal også være underveis. Det har blant annet skjedd store forandringer i førsammensetningen til laksen som kan ha stor betydning til klimaavtrykket. I 2009 stod fôret for det største bidraget til klimaavtrykket for laks frem til den delen av verdikjeden som er transport av ferdig produkt. Her er det enorme variasjoner avhengig av produkttype og transportmetode (3), men uten transport har oppdrettslaks et klimaavtrykk på ca 2,5 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per kg spiselig produkt (kg CO<sub>2</sub>e/kg)(4). Tall fra andre husdyr varierer mye og avhenger av hvilket husdyr det er snakk om og hvilke kriterier som inkluderes i utregningene (5). Laksen kommer nokså likt ut som fjørfe (som er de beste landlevende husdyrene) og noe bedre enn svin i klimaavtrykk per kg spiselig produkt.

Utslipp av næringsstoffer fra lakseoppdrett deles inn i partikulært materiale (uspist fôr og fekalier) og løste næringsalter. Kvantifisering av utslippene er gjenstand for en betydelig forskningsinnsats og kartlegges på alle lokaliteter gjennom MOM-undersøkelsene for bunnforhold (6–8). De fleste (ca 95 %) lokalitetene i norsk lakseoppdrett har i dag beste eller nest beste tilstandsklasse i bunnforhold (6). Utslipp av partikler og løste næringsstoffer er i all hovedsak ikke noe stort miljøproblem i dag, selv om det gir dårlige bunnforhold på noen lokaliteter. Det representerer imidlertid en tapt ressurs. I områder med lite vannstrøm eller i kombinasjon med andre utslipp av løste næringsstoffer som avrenning fra jordbruk kan det derimot bli et problem om produksjonen øker, og vil kunne føre til eutrofiering enkelte steder.

### 5.2 Næringsstoffer

I IMTA vil næringsutslippene fra lakseoppdrett bli redusert ved at de tas opp i blåskjell og tare. Hvor mye av næringsstoffene som tas opp er avgjørende for forskjellen mellom konvensjonell lakseoppdrett og IMTA. Dette er vanskelig å estimere siden fremtidens produksjonssystemer enda ikke er kartlagt. Ved en oppskalering av tare- og blåskjell dyrkingsanlegg rundt lakseoppdrett (ikke nødvendigvis i umiddelbar nærhet) vil det kun være tilgjengelig areal som begrenser muligheten for opptak av næringsalter i tare. En økning i tareproduksjonen vil derfor kunne gi en lineær reduksjon i utslipp av næringsalter fra systemet og tilsvarende reduksjon i faren for eutrofiering. For blåskjell blir dette annerledes siden de er avhengige av å stå plassert i et område der de mottar overskuddsfôr og fekalier fra fisken. Dette skjer på et veldig begrenset areal rett inntil og til dels under merdene hvor det er svært begrenset plass til blåskjellproduksjon. I tillegg er det sådd tvil om den reelle opptakseffektiviteten til blåskjell for fôrrester og fekalier (9). Blåskjellene vil derimot kunne fungere som en sekundær konsument av næringsalter ved at de spiser planteplankton. Planteplankton lever av næringsalter direkte akkurat som tare, og siden blåskjell spiser planteplankton vil de også være med å redusere faren for eutrofiering.

### 5.3 Klimaavtrykk

Bruk av produkter fra blåskjell og makroalger som råvarer inn i fôr til laks har potensiale til å redusere klimaavtrykket til oppdrettslaks siden mesteparten av klimaavtrykket stammer fra

fôrproduksjonen og innsatsfaktorene til denne (4). En reduksjon i klimaavtrykket krever derimot at råvarene fra blåskjell og tare blir mer klimavennlige enn de som brukes i dag og dette må undersøkes nærmere.

Selve produksjonene av blåskjell og sukkertare krever lite innsatsfaktorer og ikke tilførsel av gjødsel eller fôr. Hva som vil kreves av prosessering i etterkant og hvilke klimagassutslipp det vil bidra med er derimot vanskelig å si noe om. Prosessering av sukkertare eller blåskjell fra høsting til råvare til fiskefôr eksisterer ikke i industriell skala i dag. Dette vil kunne estimeres ved å sette sammen og evaluere kjente prosesser som brukes i liten skala, men det er ikke sikkert at det er dagens småskalaprosesser som vil bli brukt i fremtidens industriprosesser.



## 6. Sukkertare

### 6.1 Stiklingsproduksjon

Stiklingsproduksjonen foregår i dag på land. Stiklingene produseres hovedsakelig fra lokalt høstede morplanter. De leveres til sjøfasen enten «oppløst» i væske som dyrkingsmediet (tau, nett eller duk) dyppes i før utsett (direktesåing) eller forsådd på tynn tråd som spinnes rundt dyrkingstau før utsett. De forsådde stiklingene har en lengre produksjonstid på land på grunn av dyrking fra sporefase til liten fastsittende plante. Disse vil også kunne ha en kortere produksjonstid i sjøfasen siden de er større ved utsett og da vil bruke kortere tid på å oppnå høstbar størrelse.

De to dyrkingsmetodene vil kunne føre til forskjeller i forbruk av energi, materialer og næringsmedium for plantene i denne fasen. De vil også kreve ulikt utstyr og teknologi for produksjon og vil føre til forskjeller i driften som kan påvirke utslipp og effekt på miljøavtrykket. Det er det viktig å ta hensyn til i en videre livsløpsanalyse. Videre vil mange av miljøeffektene være nokså like, med tanke på innhenting av materiale fra naturen, mulig videreformering (avl) på land og transport til videre dyrking i sjø.

### 6.2 Sjøfasen

#### 6.2.1 Innsatsfaktorer og dyrkingsmetode

Dyrkingsmetode vil påvirke miljøavtrykket til oppdrettet tare, blant annet via forbruk av materialer til utsett, dyrking og høsting. I dag dyrkes tare i sjøen hovedsakelig med tau som festemateriale. Det har også vært testet ut flere andre løsninger, for eksempel nett, flak og lignende. Det finnes også nye løsninger med potensiale for fremtiden og offshore dyrking, for eksempel Seaweed Energy Solutions «tareblad». Selv om det meste av tare dyrkes på tau er det fortsatt noen variasjoner i hvordan dette gjøres. Noen bruker horisontale strekk med tare festet direkte på hovedstrekket, men andre bruker horisontale bærestrekk uten tare, med vertikale eller vertikalt buede taustrekk som tare vokser fra. For oppdretterne er dette en avveining mellom forenklet høsting/utsett og produksjon per arealenhet. Hva som kommer til å dominere i fremtiden er usikkert, men resultatet vil kunne få effekt på forbruk av materialer.

#### 6.2.2 Klimaavtrykk

Ettersom taren vokser vil den absorbere CO<sub>2</sub> gjennom fotosyntesen og slik fjerne CO<sub>2</sub> fra vannet og indirekte fra atmosfæren. Tarebiomassen er et midlertidig karbonlager og utnyttelsen av tarebiomassen etter dyrking blir avgjørende for det endelige klimaavtrykket. Hva som skjer videre med karbonet lagret i taren avgjøres av videre prosessering og sluttprodukt, men det gir et potensiale til å bruke tare som råstoff til biologisk karbonfangst og -lagring (Bio-CCS).

Forbruk av drivstoff under utsett, tilsyn og daglig drift samt høsting vil antagelig være de største driverne for klimaavtrykket fra selve produksjonen. I tillegg kommer energiforbruk og andre innsatsfaktorer under prosessering i etterkant.

I løpet av produksjonssyklusen vil det falle fra en viss andel tareblader. Hva som skjer med taren etter frafall vil kunne påvirke klimaregnskapet. Dersom taren blir lagret i bunnsedimentene kan den bli et karbonlager, men hvis den bidrar overgjødning av de lokale bunnforholdene vil den

kunne bidra til anaerob nedbrytning og metanproduksjon på sjøbunnen. Det vil gi vidt forskjellige utslag på klimaavtrykket.

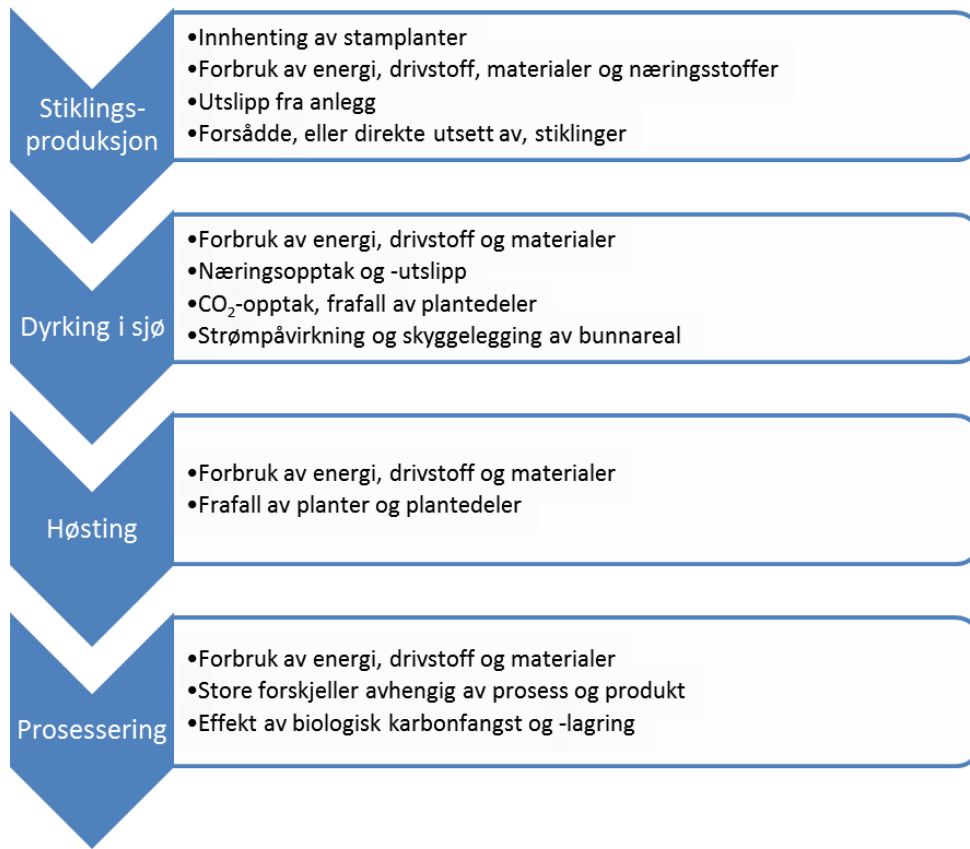
### 6.2.3 Næringsstoffer og direkte miljøeffekter

I IMTA vil tarens hovedfunksjon være opptak av overskuddsnæringsstoffer fra fisk og skjell. Taren kan utnytte de løste næringsstoffene til ny produksjon, og bidrar til å redusere faren for næringsoverbelastning med påfølgende algeoppblomstring. Effekten vil avhenge av biomassen og arten som dyrkes, strøm- og solforhold og plassering i forhold til fiskemerdene. Ved store nok volumer vil taren også kunne ta opp næringsstoff fra andre kilder enn fiskeoppdrett og slik bidra med en økosystemtjeneste utover opptak av det som kommer fra fisken.

Ved dyrking av tare vil det også falle fra hele og deler av planter i løpet av dyrkingsforløpet. Igjen vil effekten avhenge av mange faktorer, for eksempel dyrkingsløsning, normal- og ekstrem bølgehøyde og vind, tetthet på stiklinger og predasjon. Avrevne plantedeler eller hele planter vil tilføre organisk belastning til bunnmiljøet. På grunn av store likheter i de vanligste dyrkingsmetodene antar vi at det er liten forskjell i tap av planter mellom de forskjellige metodene som brukes i dag. Det er antagelig taubaserte løsninger som vil dominere dyrkingen i framtida og tapet vil derfor også være nokså likt regnet per meter dyrket tau, gitt samme vær- og strømforhold. Effekten er lite undersøkt for norske forhold og det er derfor vanskelig å predikere hvor stor den vil være i normal drift. Det er sannsynlig at en stor andel av frafallet vil skje under eller i forbindelse med høsting av taren. Høsting er det eneste tidspunktet (bortsett fra utsett) i produksjonssyklusen hvor taren og bæretauene settes i bevegelse og det vil utvilsomt føre til en relativt stor mekanisk belastning sammenlignet med normalforholdene i resten av produksjonssyklusen.

I dag brukes nesten utelukkende lokalt genetisk materiale hentet i nærheten av sjølokalitetene til produksjon av stiklinger for utsett. Det er all grunn til å tro at dette vil fortsette, men det kan også tenkes at avlsprogram vil bli satt i gang for å få økt vekst, kvalitetsegenskaper, robusthet mot avrivning eller andre egenskaper. Over tid vil den dyrkede populasjonen da bevege seg mer og mer bort fra opphavet ettersom generasjonene går selv om opprinnelsen er lokal. Potensialet for genetisk spredning fra et tareanlegg må da antas å kunne bli betydelig siden det ikke finnes noen barrierer for spredning og det er snakk om store mengder planter med et begrenset genetisk opphav. Det er sannsynlig at det finnes mange lokale populasjoner av sukkertare i utbredelsesområdet, men det er fortsatt mye som er usikkert. På generell basis er makroalgene blant de marine organismene med minst genflyt mellom områder og da størst genetisk differensiering mellom geografisk spredte populasjoner (10).

## Flytskjema tare



*Figur 1: Flytskjema for tareproduksjon og videre bearbeiding*

## 7. Blåskjell

I dette dokumentet tas det utgangspunkt i at produksjon av blåskjell i IMTA sammenheng hovedsakelig vil omfatte dyrking av industriskjell.

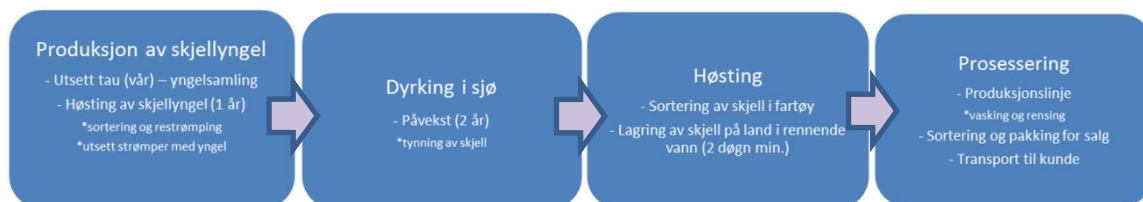
### 7.1 Industriskjell

Produksjon av blåskjell som industriskjell regnes å ha en produksjonstid på mellom 6-10 måneder (3-4 cm), noe som vil være betraktelig kortere sammenliknet med produksjonstid av blåskjell til humankonsum. Produksjonstiden vil dermed kunne være bedre tilpasset et integrert system med lakseproduksjon, der gjennomsnittlig produksjonstid for laks i sjø varierer mellom 10 og 18 måneder (avhengig av størrelse på fisken ved utsett, geografi, tidspunkt for utsett og produksjonsmetode). Dette vil også kunne ivareta et viktig føre-var prinsipp ved IMTA produksjon, «all-in, all out», der artene i så stor grad som mulig produseres samtidig slik at brakkleggingstid av lokalitet og fokus på biosikkerhet i form av smitteforebyggende tiltak ivaretas.

Etter dyrking i sjø er det i dag mest aktuelt å prosessere industriblåskjellene til mel eller ensilasje, som kan gå inn som en råvare i produksjon av fiske- eller dyrefôr. Det kan imidlertid endre seg over tid.

### 7.2 Blåskjell til humankonsum

Ved tradisjonell blåskjelldrett til humankonsum i Norge regnes en produksjonstid på 2-3 år (5-7 cm, 10g). Dette inkluderer ca. ett år til produksjon og utsett av skjellyngel. Rundt 65 % av skjellene som høstes blir pakket for salg, hvorav småskjell settes ut i sjø igjen (info norgesskjell.no).



**Figur 2: Produksjonssyklus for blåskjell til humankonsum i Norge (www.norgesskjell.no).**

I en SINTEF rapport fra 2009 (3) ble tre norske blåskjellprodusenter sammenliknet for å kartlegge CO<sub>2</sub>-avtrykk og energiforbruk i produksjonen. Resultatene ble fremlagt som en case-studie, og er ikke nødvendigvis representative for norsk blåskjellproduksjon generelt. *Figur 3* viser eksempel på innsatsfaktorer i form av material og energi for blåskjellproduksjon, basert på denne rapporten:



**Figur 3: Material og energi innsatsfaktorer ved blåskjellproduksjon til humankonsum i Norge**

Ved sammenlikning av CO<sub>2</sub>-avtrykk og produsert utbytte (1 kg spiselig produkt) viste blåskjell å gi et relativt høyt avtrykk sammenliknet med hva som brukes i produksjonen, dette spesielt sett i forhold til villfanget og oppdrettet fisk der blåskjell hverken trenger fôr eller har spesielt drivstoffkrevende operasjoner. Årsaken til det høye klimaavtrykket var hovedsakelig lavt utbytte av spiselig produkt i forhold til total produksjon. Blåskjell inneholder en stor, uspiselig skjellfraksjon samt mye vann, som gir et lavt muskelinnhold, ca. 24 %. I tillegg blir ikke biprodukter (ved høsting og prosessering) utnyttet og klimaavtrykket fordeles da på en veldig liten spiselig fraksjon. Dermed ble bruk av diesel (båt) under driftsfase i sjø og høsting relativt høyt sammenliknet med utbyttet i form av spiselig produkt. Høsting av større skjell (med større muskelinnhold) og bedre utnyttelse av små og knuste skjell (biprodukter) til bruk i fôr ble nevnt som faktorer som kunne bedre forholdet mellom produkt og CO<sub>2</sub>-avtrykk betraktelig (3). Det lå også et forbedringspotensial i drivstofforbruk på arbeidsbåtene som ble benyttet i skjellproduksjonen. I de senere årene har det også blitt mulig med hybrid- eller helelektrisk fremdrift av båter, blant annet på grunn av forbedringer i batteriteknologi. Bruk av elmotor på arbeidsbåtene vil kunne fjerne store deler av klimagassutslippene fra røktingen og bidra kraftig til å redusere klimaavtrykket av blåskjellproduksjon.

### 7.3 Industriblåskjell i IMTA

I dette rammeverket diskuteres innsatsfaktorer ved produksjon av industriskjell i IMTA. Vi vil også påpeke sannsynlige likheter og forskjeller med produksjon av blåskjell til humankonsum der det er hensiktsmessig. I tillegg adresseres positive og negative miljøfaktorer samt allokeringsevurderinger som vil være av betydning ved en videre LCA for IMTA.

#### 7.3.1 Innsatsfaktorer

Innsatsfaktorer i form av utstyr til blåskjellanleggene vil trolig være relativt likt uavhengig av om det produseres industriskjell eller skjell til humankonsum, også om det produseres i monokultur eller i et integrert system. Imidlertid vil innsatsfaktorene ved selve driften av industriskjell sannsynligvis være mindre ressurskrevende sammenliknet med skjell til humankonsum. Yngelproduksjon av industriskjell kan begrenses til naturlig påslag og det er ikke behov for restrøpning og utsett av skjellyngel. I tillegg vil industriskjellene høstes så tidlig at det ikke vil være behov for arbeidskrevende operasjoner som f.eks. tynning. Den viktigste innsatsfaktoren ved drift vil antagelig være energi (diesel) til drift av båter til utsett av utstyr samt høsting og inspeksjon av anlegg. Bruk av båter med elektrisk eller hybridmotor vil kunne redusere drivstofforbruket dramatisk.

### 7.3.2 Klimaavtrykk

Blåskjell produsert til humankonsum har et relativt høyt klimaavtrykk i forhold til innsatsfaktorene i produksjonen (3). Det vil sannsynligvis være mulig å redusere dette betraktelig ved en overgang til produksjon av industriskjell og trolig ytterligere ved produksjon av industriskjell i IMTA. Kortere produksjonstid vil redusere den generelle båtbruken på grunn av mindre rutineinspeksjoner, arbeids- og båtkrevende operasjoner som tynning utgår ved produksjon av industriskjell og båtbruken vil kunne bli mer effektiv i IMTA siden en kan gjøre flere operasjoner på en lokalitet når båten først er der. Overgang til elektrisk drift av båtene vil kunne ha enda større effekt. I tillegg vil trolig en større andel av produktet utnyttes ved produksjon av industriskjell kontra skjell til humankonsum. Det vil antagelig ikke være noen utsortering av skjell og det fjerner ett uutnyttet biprodukt og gir mere produkt å fordele klimaavtrykket på. Det vil også kunne være mulig å utnytte skallfraksjonen til et salgbart produkt siden denne vil skilles fra den bløte delen under prosessering. Det vil igjen kunne øke den salgbare andelen og gi mere produkt å dele klimaavtrykket på.

Det viktigste produktet fra industriskjell blir antagelig marin fôringrediens til laksefôr. I en videre LCA for IMTA vil det være viktig å adressere flere spørsmål i denne sammenheng. Eksempelvis hvilken effekt vil det ha å erstatte bruk av fiskemel eller soyaprotein i fôr til laks? Hvor stort er potensialet for å redusere klimaavtrykket til fôrproduksjonen med en lokalprodusert marin ingrediens som industriskjell? Og hvilken innvirkning vil ulike produksjonsmetoder og produkter, blåskjellmel versus blåskjellensilasje, ha på et slikt klimaavtrykk? Det vil være viktig å adressere de to ulike produktene og produksjonsmetodene for å vurdere innsatsfaktorer kontra gevinsten ved å produsere marine ingredienser til laksefôr fra en lokal og integrert produksjon.

Blåskjell binder og lagrer CO<sub>2</sub> i skallet. Hvordan skallfraksjonen utnyttes vil da få en effekt på klimaregnskapet. Ved permanent lagring av skallet kan det redusere klimaavtrykket fra hele produksjonen. Tomme blåskjell kan blant annet brukes som isolasjonsmateriale mot bakken i hus.

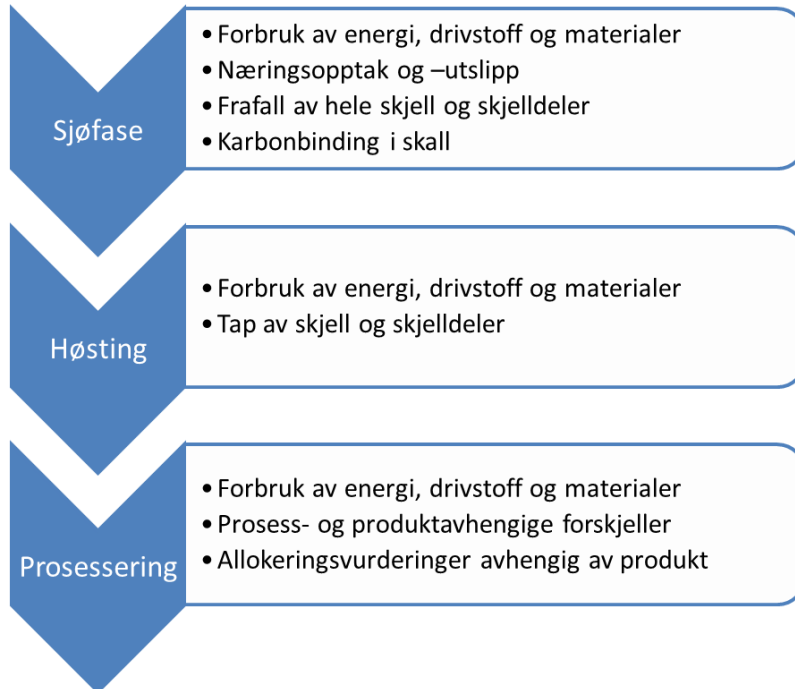
### 7.3.3 Næringsstoffer og direkte miljøeffekter

I tillegg til innsatsfaktorer og energiforbruk i produksjonen vil de direkte miljøeffektene ved produksjon av industriskjell i et integrert system være viktig å vektlegge. De potensielle positive miljøfaktorene ved bruk av blåskjell i IMTA er flere. Som ekstraherende organisme vil blåskjellene kunne ta opp avføring (fekalier) og fôr fra laksen som går gjennom merdene. Hvor reelt dette vil være i et kommersielt produksjonssystem vil avhenge av mange faktorer, som f.eks. plassering av anlegget samt skjellenes plassering i forhold til laksen, strømforhold, mengde skjell som må til, og eventuelt behov for upwelling. Videre vil blåskjell også konsumere mikroalger som vil kunne bidra til å holde algeoppblomstringer i sjakk.

Blåskjellanlegg produserer fekalier og pseudofekalier (partikler som tas opp, men forkastes som føde) som faller til bunn i tillegg til at frafall av skjell også forekommer. Det fører til en økt overføring av materiale fra det pelagiske til det bentiske miljøet. Det kan gi bedret vannkvalitet, men også større belastning på bunnen under anlegget. Det betyr at blåskjell i IMTA må konsumere mere partikler fra fisken enn de selv produserer for å ha en netto positiv miljøeffekt. For at skjellene skal ha en netto reduserende effekt på bunnpåvirkning fra fiskeoppdrett må dietten deres derfor inneholde minst 10-20 % partikler fra fisken (11). I tillegg vil det være

naturlig å tenke at høy og tett produksjon av blåskjell vil kunne påvirke de lokale strømforholdene rundt anlegget.

### Flytskjema industriblåskjell



*Figur 4: Flytskjema for fremtidig produksjon og bearbeiding av industriblåskjell*

## 8. Andre vurderinger

### 8.1 Allokering av utslipp

Allokeringsvurderinger er vanlige i livsløpsanalyser, og beskriver hvordan effekter deles mellom de forskjellige produktstrømmene i produksjonen. Det fører for eksempel til at laksefilet får et lavere klimaavtrykk (målt per kg spiselig vare) enn hel fisk. Det blir slik fordi hele fileten er spiselig, samtidig som noe av klimaavtrykket gjennom produksjonen allokeres til bein, hode, skinn og avkapp (3), som igjen utnyttes til andre produkter. Hvilke allokeringer som er fornuftige vil være gjenstand for skjønn, men må kunne forsvares. I livsløpsanalyser av IMTA-produkter må det tas noen nye allokeringsvurderinger sammenlignet med konvensjonell oppdrett. Noen aktuelle problemstillinger er:

- Er det fornuftig å allokere noe av klimagassutslippet fra fôrproduksjonen til laks over på blåskjell eller tare siden disse indirekte benytter næringen derfra?
- Hvordan forholder man seg til resirkulering av næringsstoffer og effektene på klimagassutslipp fra produksjonen?
- Skal noen av de organiske utslippene fra blåskjell og tare allokeres over på laks siden disse reduserer laksens utslipp av næringsstoffer når de produserer sine egne?

### 8.2 Produkt og foredling

Klimaavtrykk til sluttproduktene fra IMTA vil kunne avvike kraftig fra det som er tilfelle for produktene på merdkanten fordi videreforedling kan bidra med en stor andel av avtrykket. Blant annet har blåskjell og tare høyt vanninnhold og klimaavtrykket fra prosesseringen vil variere mye med hvor mye tørking som er nødvendig. Grunnen til at videreforedling ikke er vurdert er stor usikkerhet rundt hva sluttproduktene blir og hvilke prosesser som vil ligge bak disse. Det er imidlertid viktig at slike analyser utføres når data blir tilgjengelig, siden det kan ha stor påvirkning på hvilke IMTA-produkter det bør satses på.

Et eksempel er bruk av tarebiomasse til Bio-CCS (karbonfangst og -lagring med biologisk karbonkilde). Det vil bidra til å kunne gjøre klimaregnskapet negativt (mer karbon lagres enn det som slippes ut) ved at karbon tilbakeføres til geografiske formasjoner for permanent lagring. Bruk av tare eller blåskjell som råstoff tilbake inn i fôrproduksjonen til laksefôr vil også påvirke miljøavtrykket, både med tanke på utslipp av næringsstoffer og klimagasser. Tare og blåskjell som råvarer til fôr virker som en god idé siden oppdrettsnæringen trenger nye fôrkloder. De kan vise seg å få et lavere klimaavtrykk enn nåværende kilder, men inntil analysene er gjort vet vi ikke det med sikkerhet. Det er så store usikkerheter og variasjoner knyttet til prosessering av råvarene, ressursbruk underveis og utnyttelse av de ferdige produktene at det er vanskelig å si noe presist om dette nå. Slike vurderinger vil bli usikre om de utføres på nåværende tidspunkt, og bør heller vente til faktiske verdikjeder har blitt opprettet.



## 9. Avslutning

Livsløpsanalyser er nyttige verktøy for å sammenligne miljøavtrykket til forskjellige produkter eller prosesser. For at forbrukere, myndigheter eller andre interessenter skal få en forståelse av de kvantitative forskjellene i miljøavtrykk mellom produkter, er det svært viktig at livsløpsanalyser utføres. Rammeverket i denne rapporten gir en oversikt over hvilke prosesser og deler av verdikjedene innen IMTA som må kartlegges for å kunne utføre en livsløpsanalyse og er tenkt som et utgangspunkt for fremtidige analyser. Det er en del ukjente momenter knyttet til dyrking, prosessering og videre anvendelse av blåskjell og sukkertare som er essensielle for å kunne si noe kvantitativt om disse og laksens miljøavtrykk i IMTA. Ved en fullstendig livsløpsanalyse er det viktig å finne gode løsninger på hvordan næringsstoffresirkulering håndteres, hvilke allokeringer som gjøres og hvilke følger det får for miljøavtrykket til de forskjellige artene i IMTA.

## 10. Referanser

1. LCA-kurs [Internett]. Stiftelsen Østfoldforskning. [sisert 25. mars 2017]. Tilgjengelig på: <http://www.sto-projects.com/lcakurs/index.asp>
2. Karlsson-Drangsholt A (Bellona), van Nes S (Bellona). Miljøkonsekvensanalyse: Integrert havbruk i Norge. Oslo, Norway; 2017.
3. Winther U, Ziegler F, Hognes ES, Emanuelsson A, Sund V, Ellingsen H. Carbon footprint and energy use of Norwegian seafood products. 2009.
4. Hognes ES. Carbon footprint and area use of farmed Norwegian salmon. Trondheim; 2011.
5. Grønlund A, Mittenzwei K. Klimagassutslipp fra kjøttproduksjon. 2016.
6. Svåsand T, Grefsrud ES, Karlsen Ø, Kvamme BO, Glover K, Husa V, mfl. Risikoreport norsk fiskeoppdrett 2017. Fisken og havet, Særnummer 2. 2017.
7. Wang X, Olsen LM, Reitan KI, Olsen Y. Discharge of nutrient wastes from salmon farms: Environmental effects, and potential for integrated multi-trophic aquaculture. Bd. 2, Aquaculture Environment Interactions. 2012. s. 267–83.
8. Wang X, Andresen K, Handå A, Jensen B, Reitan KI, Olsen Y. Chemical composition and release rate of waste discharge from an Atlantic salmon farm with an evaluation of IMTA feasibility. *Aquac Environ Interact*. 2013;4(2):147–62.
9. Cranford PJ, Reid GK, Robinson SM. Open water integrated multi-trophic aquaculture: Constraints on the effectiveness of mussels as an organic extractive component. *Aquac Environ Interact*. 2013;4(2):163–73.
10. Bradbury IR, Laurel B, Snelgrove PVR, Bentzen P, Campana SE. Global patterns in marine dispersal estimates: the influence of geography, taxonomic category and life history. *Proc Biol Sci*. 2008;275(1644):1803–9.
11. Robinson S, Reid G. Review of the Potential Near-and Far-Field Effects of the Organic Extractive Component of Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) in Southwest New Brunswick with Emphasis on the Blue Mussel (*Mytilus edulis*). CSAS res doc 2014/026. Bd. 26. DFO; 2014.



**BELLONA**

[www.bellona.no](http://www.bellona.no)

