



Akvakultur i Världen och i Sverige

produktionssystem, arter och volymer (2024)

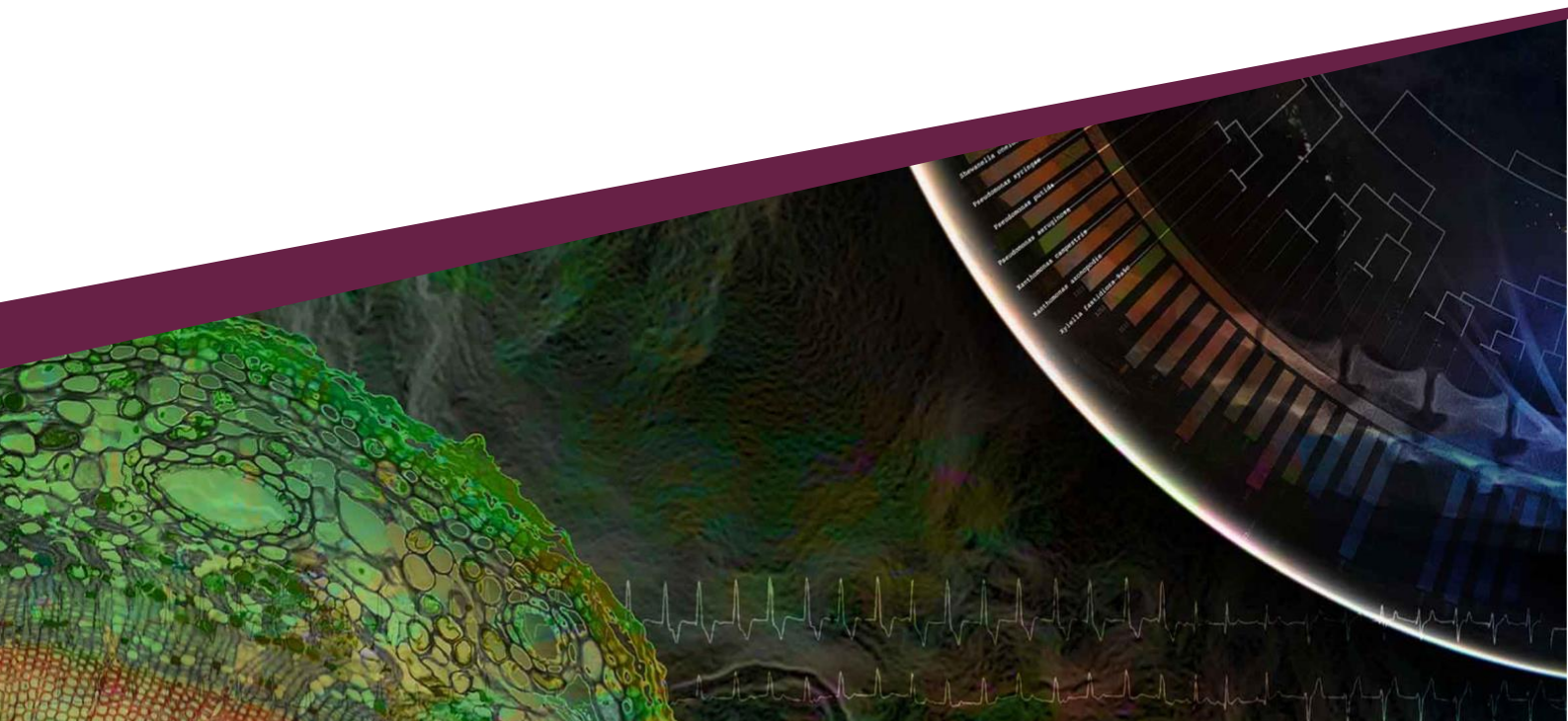
Anders Kiessling¹ och Wenche Hansen²

¹Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

² Matfiskodlarna Sverige AB, Norrviksgatan 27, 861 94 Söråker

Rapporter från institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd, nr 4
2024



Akvakultur i Världen och i Sverige;

Produktionssystem, arter och volymer (2024).

Anders Kiessling, <https://orcid.org/0000-0002-5325-3779>, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd,

Wenche Hansen, Matfiskodlarna Sverige AB, Norrviksgatan 27, 861 94 Söråker,

Utgivare: Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för tillämpad
husdjursvetenskap och välfärd

Utgivningsår: 2024

Utgivningsort: Uppsala

Omslagsbild: (ange referens om du byter bild på framsidan, annars radera rad)

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Serietitel: Rapporter från institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och
välfärd

Delnummer i serien: 4

ISSN (Online): 2004-934X

ISBN (elektronisk version): 978-91-8046-625-7

DOI: <https://doi.org/10.54612/a.5fpc6vk0j0>

Nyckelord: Vattenbruk, Akvakultur i Världen, Akvakultur i Sverige,
Odlingssystem, odlingsvolymer

© 2024, Anders Kiessling och Wenche Hansen

Detta verk är licensierat under CC BY NC 4.0, andra licenser eller upphovsrätt kan gälla för
illustrationer.

Den här rapporten uppdaterades 2024-08-28

-Sid 14, bytt ut ett textstycke

-Sid 21, ny sida pga texten i slutet av sid 20 behövde kompletteras och förlängas.

-Sid 25, bilden är kompletterad med bildtext. Sidan är utbytt.

-Sid 30, bildtexten skymde sidfoten. Sidan är utbytt.

Uppdaterat innehållsförteckning och sidnummer.

Sammanfattning/bakgrund

Författarna:

Anders Kiessling är idag professor i Akvakultur vid Sveriges lantbruksuniversitet. Han har fyrtio års erfarenhet av forskning och utveckling inom akvakultur. Han har arbetat hälften av sitt yrkesverksamma liv i Norge, Kanada och England med odling av såväl kallvattens som tropisk fisk. Han har även arbetat med vandringsbiologi för lax.

Wenche Hansen är idag VD för Matfiskodlarna Sverige AB, som representerar mer än 90% av den odlade fiskvolymen i Sverige. Hon har en bakgrund inom såväl arbete på myndighet som inom konsultverksamhet för vatten och odling i Sverige.

Mål

Intentionen med denna rapport är att ge en sammanställning vad gäller ”State of the art” för både odlingsteknik som produktion i världen och i Sverige. En ytterligare intention är att ge en mer allmängiltig klassificering av våra olika produktionsformer, med målet att vi skall kunna kommunicera med varandra och faktiskt mena samma sak. Språkförbistring är idag ett uttalat problem för såväl lagstiftare, kontrollerande myndigheter som den som vill förstå näringen och dess olika delar. En sista intention är att ge en historisk bakgrund. Inte för att vi är bunden av vår historia för utvecklingen framåt, tvärt om, utan för att ge en förståelse för varför vi är där vi är och kanske kunna lära något av vår historia.

Rapporten inleds med en introduktion där bl.a. begreppet akvakultur kommer att behandlas översiktligt. Sedan kommer olika produktionsformer inom akvakultur att beskrivas. Vi kommer efter det att gå in på akvakulturens utveckling fram till idag, både globalt, inom Europa och i Sverige. Rapporten innehåller avslutningsvis en beskrivning av den svenska akvakulturbranschen och ett avsnitt om dess utveckling utifrån författarnas egen erfarenhet och utvecklingen i för Sverige relevanta länder.

Bakgrund

Akvakultur, eller vattenbruk¹ som vi ofta säger i Sverige, definieras som uppfödning eller odling i vatten med en högre intensitet än den vi finner normalt i naturen och med ett fysiskt eller juridiskt ägarskap av den uppfödda eller odlade organismen². Akvakultur har en lång historia med de äldsta skriftliga anteckningarna för uppfödning av fisk så tidigt som cirka 4.000 F.K. från Egypten. Den första instruktionsboken för uppfödning av fisk skrevs i Kina cirka 475 år F.K. av Fan Lai³, där Lao Tzu bevingade ord uppraderades till ”*Lär en man att fiska och han har mat för dagen, lär honom att odla och han har mat för livet*”. Kina har sedan dess lett utvecklingen av fiskodling fram till förra århundradet då uppfödning av laxfisk startade i Västra Nordamerika och en helt ny era inleddes för fiskodling. Dock vet vi att redan de första invandrarna till Alaska för mer än 10.000 år sedan på olika sätt försökte öka skörden av skaldjur, men dagens ostronodling anses ha sitt ursprung i Romarriket, som redan århundradet före Kristi födelse odlade ostron i Italien och senare också på de Brittiska öarna, för export till Rom. Odling av makroalger eller tång som det heter i dagligt tal är en betydligt senare företeelse med första noteringarna från Asien från mitten av 1600-talet. Man vet dock att vild tång har använts som mat och medicin i minst 14.000 år. Även om den huvudsakliga drivkraften för odling av makroalger ännu är utvinning av specialprodukter, så arbetar många aktivt

¹ Dessa två benämningar, akvakultur/vattenbruk kommer användas växelvis och helt synonymt i texten.

² Ursprungligen definierat av FAO för att kunna separera statistik gällande akvakultur och fiske.

³ <https://earthjournalism.net/resources/the-beginnings-of-aquaculture>

för att finna odlingsformer som också ger möjlighet till ekonomiskt bärkraftig storskalig produktion som livsmedel⁴.

I odlad volym är Kina utan jämförelse fortfarande världens största producent av odlade produkter från vatten. Men även om Kina dominerar så växer idag akvakultur i hela världen, pådrivet dels av en växande befolkning, dels en ökad köpkraft hos världens medelinkomsttagare och därmed en allt större konsumtion, parat med minskad tillgång från vilda fiskbestånd. Idag äter vi mer odlad sjömat⁵ än vildfångad och 2022 är det år som den totala akvakulturproduktionen översteg den totala skörden från vilda resurser⁶, inte bara den del som går till livsmedel. Även om vi under 1900-talets andra hälft ser en tydlig koppling mellan ökad sjömatkonsumtion och ett ökat välstånd i världens medelklass, så har småskaligt fiske, liksom lågteknologisk akvakultur en viktig roll att spela för proteinförsörjningen i många låginkomstländer. Vi räknar med att mellan 1-2 miljarder människor i låginkomstländer är helt beroende av fiskprotein från någon av dessa källor för en någorlunda fullvärdig kost.

Fram till för 50-100 år sedan var i princip all odling av sjömat baserad på mycket enkla metoder, där dammodling dominerade och fisken blev en del av dammens naturliga födoväv, i grunden baserat på att tillförd gödning omvandlades till protein, fett och vitaminer via mikroalgerna fotosyntes. I och med att fiskodling, men även odling av andra organismer blev en del av den industrialiserade världens livsmedelssystem har det skett en teknikutveckling i paritet med den vi sett inom övrig livsmedelsproduktion. Det vill säga en explosion av mer och mer raffinerade produktionsätt baserade på tekniska och energikrävande lösningar med en alltmer stegrande odlingsintensitet. Precis som inom övriga husdjursproduktionen paradades detta med en intensiv avel mot högproducerande djur av färre och färre arter, odlade i så kallade monokulturer, det vill säga väldigt många individer av samma art på en avgränsad yta⁷. Vidare i paritet med övriga ”moderna” odlingstekniker har denna intensifiering, baserad på tekniska lösningar lett till en rad nya utmaningar i och med att dessa tekniska lösningar allt som oftast inte harmoniserar med djurets biologiska förutsättningar. Traditionellt har vi löst detta genom att addera ytterligare tekniska lösningar, som kemiska preparat (som farmaka, besprutning m.m.), tidig slakt innan problemen hinner nå produktions problematiska nivåer eller helt enkelt en acceptans att kollisionen mellan teknik och biologi oundvikligen ger en viss mängd produktionssjukdomar.

Men inom akvakultur, som för övrig livsmedelsproduktion, ser vi idag att detta axiom ifrågasätts och vi kan beskriva detta skifte, inte som att vi lämnar tekniken bakom oss, utan istället så ser vi nu framväxten av system där man frågar sig hur tekniken istället för att stjälpa biologin, bygger på biologi och något vi kallar ”*Djurets inbyggda biologiska potential*” (Kiessling et al., 2012)⁸. Inom avel beskrivs en sådan utveckling ofta som ökad ”robustness”, medan inom produktionen beskrivs utvecklingen ofta, och mycket förenklat, som att djuret ges möjlighet till ett ”naturliga beteende”. Det vill säga man ger djuret förutsättningar baserat på dess biologiska, mentala och nedärvda behov.

Även om utvecklingen av produktionsformer startade mycket senare för fisk än för de terrestra husdjuren, så sker den nu med en intensitet och fart utan motstycke hos landdjuren. Det som igår var en sanning och ”rätt” teknik kan idag vara historia och passé. Detta leder naturligtvis till stor osäkerhet hos såväl våra myndigheter, forskare som hos allmänheten, ja till och med för producenten själv.

⁴ Ullmann, J., Grimm, D. Algae and their potential for a future bioeconomy, landless food production, and the socio-economic impact of an algae industry. *Org. Agr.* 11, 261–267 (2021). <https://doi.org/10.1007/s13165-020-00337-9>

⁵ Sjömat används här som en beteckning för all mat från vatten, odlad som vild oavsett om det kommer från marin, bräckt eller sötvatten. Termen ”blå mat” förekommer också allt mer och är synonymt med sjömat.

⁶ FAO. 2024. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. Blue Transformation in action.* Rome. <https://doi.org/10.4060/cd0683en>

⁷ Ordet användes ursprungligen för växtodling, men inkluderar idag även djurproduktion till sociostrukturer som en kulturell likformighet.

⁸ Kiessling, A, H. van de Vis., G. Flik. And S. Mackenzie. 2012. Welfare of farmed fish in present and future production systems. *Fish Physiol. Biochem.* 38,1:1-3.

Abstract

Aquaculture in the World and in Sweden.
Production systems, species and volumes (2024).

The authors

Anders Kiessling is currently a faculty professor in Aquaculture at the Swedish University of Agriculture. He has forty years of experience in research and development in aquaculture. He has worked half of his professional life in Norway, Canada and England farming both cold water and tropical fish. He has also worked with migration biology for salmon and in ornithology.

Wenche Hansen is today the CEO of Matfiskodlarna Sverige AB, which represents more than 90% of the farmed fish volume in Sweden. She has a background in both governmental and consultancy work for water management and fish farming in Sweden.

Aim

The intention of this report is to provide an overview in aquaculture of the "State of the art" for both cultivation technology and production in the world and in Sweden. A further intention is to provide a more general classification of our different forms of production, with the goal that we should be able to communicate with each other and actually mean the same thing. Language confusion is today a pronounced problem for legislators, controlling authorities as well as those who want to understand the industry and its various parts. A final intention is to provide a historical background. Not because we are bound by our history for future development, on the contrary, but to give an understanding of why we are where we are and perhaps be able to learn something from our history.

The report begins with an introduction where the concept of aquaculture will be treated briefly. Then different forms of production in aquaculture will be described. We will then go into the development of aquaculture up to today, both globally, within Europe and in Sweden. In conclusion, the report contains a description of the Swedish aquaculture industry and a section on its development based on the authors' own experience and the development in countries relevant to Sweden.

Background

Aquaculture is defined as breeding or cultivation in water with a higher intensity than we normally find in nature and with a legal ownership of the reared or cultivated organism⁹. Aquaculture has a long history with the oldest written records of raising fish as early as around 4,000 B.C. from Egypt. The first instruction book for raising fish was written in China around 475 B.C. by Fan Lai, where Lao Tzu's winged words were upgraded to "Teach a man to fish and he has food for a day, teach him to farm and he has food for life". China has since led the development of fish farming until the last century when salmon farming started in Western North America and a whole new era for fish farming began. However, we know that already the first immigrants to Alaska more than 10,000 years ago tried to increase the harvest of shellfish in various ways, but today's oyster cultivation is considered to have originated in the Roman Empire. They cultivated oysters already as early as the century before the birth of Christ in Italy and later also on the British Isles, for export to Rome. Cultivation of macro algae, or seaweed as it is colloquially called, is a much later phenomenon with the first records from Asia from the middle of the 17th century. However, it is known that wild

⁹ Originally defined by FAO to be able to separate statistics relating to aquaculture and fisheries

seaweed has been used as food and medicine for at least 14,000 years. Although the main driving force for its cultivation is still the extraction of special products, even if many are actively working to find cultivation methods that also provide the opportunity for economically viable large-scale production of macro algae as food.

In volume, China is by far the world's largest producer of cultivated products from water. But even if China dominates, today aquaculture is growing all over the world, driven partly by a growing population, and an increased economic capacity of the global middle class resulting in an ever-increasing consumption, paired with reduced availability from wild fish stocks. Today we eat more farmed seafood than wild caught and 2022, was the first year when we produced more seafood by farming than the total harvest of wild resources, food and non-food catches combined¹⁰. Although during the second half of the 20th century we see a clear connection between increased seafood consumption and increased prosperity in the world's middle class. Also, small-scale fishing, as well as low-tech aquaculture, have an important role to play in the protein supply in many low-income countries. We estimate that between 1-2 billion people in low-income countries are completely dependent on fish protein from one of these sources for a nutritional complete diet.

Until 50-100 years ago, all seafood cultivation was based on very simple methods, where pond farming dominated and the fish became part of the pond's natural food web, based on the conversion of natural and added fertilizer into protein, fat and vitamins via the microalgae photosynthesis. With fish farming, but also the cultivation of other organisms becoming part of the industrialized world's food system, there has been a technological development on par with that we have seen in other food production systems. That is to say, an explosion of more and more refined production methods based on technical and energy-intensive solutions with an ever-increasing cultivation intensity. Just as in other livestock production, this has been paired with intensive breeding towards high-producing animals of fewer and fewer species, grown in so-called monocultures, that is, many individuals of the same species in a limited area. Furthermore, in parity with other "modern" farming techniques, this intensification, based on technical solutions, has in turn led to a series of new challenges in that these technical solutions are more often than not in disharmony with the animal's biological abilities. Traditionally, we have solved this by adding additional technical solutions, such as chemicals (such as pharmaceuticals, pesticides, etc.), early slaughter before the problems reach problematic levels or simply an acceptance that the collision between technology and biology inevitably produces a certain amount of production diseases.

But in aquaculture, as in other food production, we see today that this axiom is being questioned. We can describe this shift, not as if we are leaving technology behind, but instead we are now seeing the emergence of systems where one asks how the technology instead of overturn biology, is based on biology, sometimes referred to as "The animal's inherited biological potential" (Kiessling et al., 2012). In breeding, such a development is often described as increased "robustness". In the production this development is often described, very simplistically, as the animal being given the opportunity for "natural behavior". That is to say, you give the animal conditions based on its biological, mental and inherited needs.

Although the development of modern production forms started much later for fish than for terrestrial domestic animals, it is now occurring with an intensity and speed unprecedented in land animals. What was yesterday a truth and "correct" technology may today be history and passé. This naturally leads to great uncertainty with our authorities, researchers and the public, and even for the producer themselves.

Keywords: Aquaculture, Aquaculture in the World, Aquaculture in Sweden, Cultivation systems, cultivation volumes

¹⁰ FAO. 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. Blue Transformation in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd0683en>

Innehållsförteckning

Figurförteckning	11
1. Introduktion	12
2. Produktionsformer inom akvakultur	13
2.1 Matad akvakultur	14
2.1.1 Landbaserade genomflödessystem	14
2.1.2 Pelagiska genomflödessystem	17
2.1.3 Recirkulerande system (RAS)	21
2.1.4 Integrerad akvakultur	25
2.2 Omatad akvakultur	30
3. Akvakulturens utveckling fram till idag	33
3.1 Akvakulturens utveckling i världen	33
3.2 Akvakulturens utveckling i Europa	35
3.2.1 Akvakultur inom EU	35
3.2.2 Akvakulturens utveckling i Sverige	38
3.2.3 Dagens akvakultur	46
4. Den svenska akvakulturbranschen	50
4.1 Akvakulturproduktionen i Sverige	50
4.2 Akvakulturorganisationer i Sverige och produktionsvolymerna inom dessa	55
4.2.1 Matfiskodlarna	55
4.2.2 Recirkfisk	55
4.2.3 SVoS	56
4.3 Organismer som föds upp och odlas i Sverige idag	56
4.3.1 Regnbåge	56
4.3.2 Röding	57
4.3.3 Stör	57
4.3.4 Ål	56
4.3.5 Öring	57
4.3.6 Blåmusslor	58
4.3.7 Ostron	58
4.3.8 Alger, odlade och friplockade	59
4.4 Sysselsatta inom den svenska akvakulturbranschen	60

5.	Hållbar utveckling av akvakulturbranschen	61
5.1	Hållbar utveckling ur ett globalt perspektiv	61
5.2	Hållbar utveckling ur ett nationellt perspektiv	64
5.2.1	De svenska miljömålen relevans för akvakultur	65
5.3	Hållbar utveckling av den svenska akvakulturbranschen.....	67
5.3.1	Framtida utveckling av omatad akvakultur.....	68
5.3.2	Framtida utveckling av den matade akvakulturen i öppna produktionsformer 67	
5.3.3	Framtida utveckling av matad akvakultur i fråga om andra produktionsformer 68	
5.3.4	Framtida utveckling av matad akvakultur i fråga om foder	70
5.3.5	Framtida utveckling av arter inom akvakultur	73
5.3.6	Framtida utveckling av "akvakulturhotell"	73

Tack 74



Bild 1: Övre bilden visar en klassisk kassodling i ett kraftverksmagasin i Västerbotten (Umlax, Slussfors) i höstskrud. Undre bilden visar en klassisk svensk damodling som de sett ut sedan början av 1900-talet (Kälarne, Jämtland)
Foto: Anders Kiessling

Figurförteckning

Figur 1. En schematisk skiss över principerna för ett slutet IMTA.....	26
Figur 2. En schematisk skiss av "Miljökassen"	44
Figur 3 Akvakulturproduktionen för perioden 1983– 2021	50
Figur 4 Antalet anläggningar av mat- och sättfisk för perioden 2000–2021.....	53
Figur 5. En skiss av Aquabest projektet (BSR)	70



Bild 2. Överst ser vi filé från regnbåge rökt och odlad i Roslagen (Fogdölax) som har odlat fisk sedan 1980-talet utan att lämna några spår i omgivande ekosystem. Nederst en röding odlad i innersta Västerbotten i Överumans kraftverksmagasin, även den i balans med omgivande ekosystem menar många forskare (se Kiessling och Futter, 2023 Rap. SLU för mer information).

Foto: Anders Kiessling

1. Introduktion

Någon globalt enhetlig definition av begreppet akvakultur finns inte i dag, men med begreppet avses ofta uppfödning eller odling av vattenlevande organismer i vatten med hjälp av tekniker utformade för att öka produktionen av de aktuella organismerna utöver den naturliga kapaciteten i miljön.¹¹ Uppfödning av vattenlevande organismer som sällskapsdjur eller inom zooverksamhet brukar normalt sett inte omfattas av akvakulturbegreppet och kommer därför inte behandlas vidare här.

En mängd olika organismer kan i dag födas upp eller odlas inom akvakultur och FAO¹² räknar med att vi idag odlar nästan 700 arter inom akvakultur, även om huvuddelen av volymen kommer från ett fåtal arter (se nedan). Akvakulturen har blivit en allt viktigare källa för att tillhandahålla fisk och skaldjur för konsumtion och för utsättning i naturen. Detta eftersom världens totala fiske- och skaldjursuttag för närvarande ligger nära eller över hållbara exploateringsgränser samtidigt som den globala humankonsumtionen av fisk och skaldjur fördubblats under senare årtionden.¹³

Akvakultur kan bedrivas i anläggningar på land, i s.k. landbaserade odlingar, och i vattenområden, så som hav, sjöar, dammar och vattendrag. Viktiga förutsättningar för akvakultur är att vattenkvalité, salthalt, pH-värde, temperatur, näringstillgång och ljus är anpassat till odlad art. Ute i naturen kan även bottentyp, vind- och vågpåverkan samt djup- och strömförhållanden ha stor betydelse beroende på vilken odlingsform och organism som är aktuell. Utöver faciliteter för att hålla den odlade organismen kan driften också vara beroende av faktorer som tillgängliga hamnar, tillfartsvägar, kommunal service med mera, men också andra aktiviteter som t.ex. sjöfart¹⁴ kan spela in.

¹¹ FN-organet FAO:s (Food and Agriculture Organization of the United Nations) definition av akvakultur för särskiljande av statistik mellan fiske kontra akvakultur är den mest använda definitionen. ”The farming of aquatic organisms in both inland and coastal areas, implying some form of intervention in the rearing process to enhance production and individual or corporate ownership of the stock being cultivated”.

¹² FAO, Food and Agriculture Organization, är FN:s fackorgan för jordbruk, skogsbruk och fiske (inklusive akvakultur).

¹³ Kommissionens webbplats:

https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/AQU_Summary_SV.pdf, hämtat 2022-12-09, samt FAO:s webbplats: <https://www.fao.org/3/cc0461en/cc0461en.pdf>, hämtat 2023-06-12.

¹⁴ Boverkets webbplats: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/oversiktsplan/allmannaintressen/hav/maritima-naringar/vattenbruk/>, hämtat 2022-11-17.

2. Produktionsformer inom akvakultur

Inom EU brukar man i praktiken hantera akvakulturens delsektorer utifrån odlingsteknik, vattenmiljö och art. En mycket viktig skiljelinje utgör också om man aktivt tillför foder¹⁵ till odlingen eller om den odlade organismen själv extraherar näringen från sin omgivning. Man skiljer därför på så kallat ”matad akvakultur” där en betydande del av organismens näringsintag aktivt har tillförts av verksamhetsutövaren, nedan benämnd vattenbrukaren, och ”omatad akvakultur” där organismen själv tar upp huvuddelen av sin näring från det omgivande



Bild 3. Bilden till vänster visar en av Ecopelag EFs musselodlingar i Stockholms skärgård. Musselodling i Östersjön startade som en miljöåtgärd, men har idag också en stor potential som ett miljövänligt fodermedel för fisk, fjäderfä och sällskapsdjur. I en framtid med, införande av officiella odlingsområden i Östersjön, kommer den också, liksom Västkustmusslan, kunna bli ett attraktivt livsmedel. Odling av mussla är ett bra exempel på omatad akvakultur. Bilden närmast ovan visar odling av olika mikroalger i en försöksuppsättning. Odling av mikroalger kan sägas representera ett mellanting mellan matad och omatad akvakultur då den själv tar upp kol från omgivningen, men behöver få mineraler tillsatt i vattnet.

Foto: Anders Kiessling

¹⁵ I vissa odlingsformer som beskrivs nedan under ”IMTA” kan fodret bestå av näringssubstrat, men detta är specialfall och den absolut vanligaste formen för att tillföra näring till odlingen inom matad vattenbruk är i form av tillverkat foder.

ekosystemet. Nedan beskrivs de huvudsakliga produktionsformerna som är aktuella inom akvakultur idag.

2.1 Matad akvakultur

2.1.1 Landbaserade genomflödessystem

Ett genomflödessystem lokaliserat på land är ett system där vatten leds genom ett system av parallellt organiserade uppfödningseenheter (tråg/dammar) där det oftast är gravitationen som driver vattnet genom att det hämtas uppströms och släpps ut nedströms. I kommersiella odlingar används idag allt oftare tråg, då dessa dels kan placeras inomhus, dels är mer lättskötta jämfört med dammar. Grävda jorddammar är fortfarande vanliga i äldre och mindre odlingar samt i mindre privata odlingar i Sverige, men dominerar fortfarande odlingen i Östeuropa, Asien och Afrika. Jorddammar kan antingen konstrueras med tät lera eller presenning som botten medan tråg förekommer i alla former och storlekar i plast, glasfiber eller betong.

Vatten kan tas från ytvatten och/eller en grundvattentäkt. Av smittskyddsskäl kan vatten till denna odlingsform med fördel tas från grundvatten genom självtryck och/eller med pump, och kan efter användning ledas ut till en infiltration eller, efter en partiell rening, till ett närliggande vattenområde som kan vara såväl hav, sjö som vattendrag.

Om man ser till hela EU är landbaserade genomflödessystem den vanligaste produktionsformen som används inom inlandsodling av matfisk, där karpfiskar och olika öringar, inklusive regnbåge, är de viktigaste arterna. I Sverige är denna odlingsform vanligast för tidiga yngelstadier av så kallad sättfisk. För odling av stor fisk är däremot den dominerande produktionsformen i Sverige så kallad kassodling. I Sverige är det oftast regnbåge och röding som odlas i sådana kombinationssystem med landbaserade genomflödessystem för liten fisk och kassodling för stor fisk. Samma kombinationssystem används för alla arter odlade i kasse också i övriga världen oavsett om kassen ligger i havet eller i naturliga sjöar. I Sverige är dessa kassodlingar nästan uteslutande lokaliserade i kraftverksmagasin eller andra reglerade vatten (beskrivs i mer detalj nedan under pelagiska system). I Sverige är, som påpekat ovan, landbaserade genomflödessystem i tråg och/eller dammar dominerande för uppfödning av yngel, men också för uppfödning av fisk för utsättning i vildvatten. I länder som Norge där tillväxten i näringen ökat mer än tillgången på lämpligt vatten ser vi nu en snabb ökning av så kallade RAS¹⁶ för produktion av sättfisk (se nedan under slutna system). I Asien, och därmed också globalt, är uppfödning i landbaserade genomflödessystem den vanligast förekommande och snabbast växande uppfödningssystemen. Där är det oftast karpfisk som odlas i olika former av grävda¹⁷ jorddammar, även om kassodling av tilapia i sötvatten och lax i marina vatten är växande näringar i Sydost Asien (se nedan under pelagisk odling).

¹⁶ Recirculating Aquaculture Systems

¹⁷ Ett sorglustigt undantag är inlandsodling i t.ex. Kambodja där bombkratrar från Vietnamkriget utgör en stor andel av odlingsdamarna.



Bild 4. Överst ser vi en landbaserad genomflödesodling i form av en traditionell ”race way” från en sättfiskodling, Montana, USA, med enkel övertäckning för delar av odlingen. Detta är den första formen av damodling som användes för laxfisk. Den är utformad för att likna en naturlig bäck och har använts sen odling av laxfisk startade på mitten av 1800-talet här i Nordvästra USA. Den infällda bilden visar yngel av regnbåge som skall sättas ut senare för att stärka såväl sportfiske som naturliga bestånd.

Den nedre bilden visar en modern damodling för jätteräka i Vietnam. Dessa dammar är försedda med en slam uppsamlingsenhet i mitten där slammet kan tas ut under odling om man har rör med pump inmonterat (high tech) eller mellan odlingscykler. Näringen kan därigenom tillföras det omkringliggande jordbruket istället att ”bara” släppas ut i närliggande recipient. Detta i kombination med minskad läkemedelsanvändning genom biologiska metoder, gör att man kan stanna permanent på en plats och inte som förr, att efter några år behöva gräva nya dammar när de gamla slammade igen och fick för höga koncentrationer av läkemedels och pesticid rester.

Foto: Anders Kiessling

Även andra organismer än fisk odlas i landbaserade genomflödessystem. Den mest framträdande är tropisk odling av jätteräka i olika former av tekniskt avancerade jorddammar. Idag domineras räkindustrin av arten *Litopenaeus vannamei*, eller Vannamei i dagligt tal och är den arten vi ofta finner i våra frysdiskar och på restaurang under beteckningen jätteräka. Vannamei är en saltvattensart med ursprung i haven runt Syd Amerika, men dess tålighet mot lägre salthalter, efter larvstadiet, har gjort den väldigt populär som odlingsart över hela världen (se också nedan under RAS odling). Den skördas oftast mellan 12-20 gram. En annan populär saltvattensräka för odling är arten Svart tigerräka (*Penaeus monodon*), vilket är en av våra största räkarter med maxlängd på 34 cm. I motsats



Bild 5. Överst ser vi en odlad "Rosenbergi" sötvattensräka och nedan ser vi en tillredd "Monodon" som är en marin jätteräka. Dessa kommer båda från ASC (miljöcertifierade) odlingar i Vietnam.

Foto: Anders Kiessling

till Vannamei räkan måste Monodon, som den oftast kallas, ha en marin miljö genom hela livscykeln. Den betraktas som mer exklusiv genom sin storlek (skördas gärna upp emot 50 gram), men också för att den är svårare att odla. Monodon kommer ursprungligen från Indiska Oceanen ner till Australien. *Macrobrachium* (*Macrobrachium rosenbergii*) är en sötvattens räka som har sitt ursprung i Sydost Asien och kan bli lika stor som Monodon, men skördas ofta i storlek som Vannamei. Den är betydligt mer aggressiv än sina saltvattenssläktingar och det finns därför ett utbrett missbruk att man tar bort hanarnas klor. Något som man nu försöker finna alternativa och mer humana metoder för. Andra arter som också kan odlas på land i genomflödessystem är vissa makroalger. Yngel till ostronet Gigas (Stilla havs ostron, *Crassostrea gigas*) odlas också på land i genomflödessystem i tråg och matas med odlade mikroalger. Fördelen i detta system är att man kan avla på t.ex. sjukdomsresistens och sen triplodisera ynglen. Det vill säga man steriliserar dem så de inte kan sprida sina domesticerade gener till de vilda ostronen. I Sverige har vi en ostronyngel odling där man länge arbetar med vårt nordiska flata ostron (*Ostrea odelius*), men det har tyvärr visat sig vara mycket svårare än med Gigas och man har ännu inte lyckas få fram en kommersiell industriellproduktion (se även nedan under omatad odling), men positiva framsteg har rapporterats för de sista åren.

2.1.2 Pelagiska genomflödessystem

Den idag absolut dominerande formen för pelagiskt matad akvakultur är så kallad kassodling. I övrigt finns det även mer slutna pelagiska system, så kallade semislutna och RAS odlingar, vilka behandlas längre fram. En kassodling består av en nätinhängnad som hänger fritt från ytan i pelagen (fria vattenmassan) med hjälp av flytelement och bottenfästen. Denna uppfödningsteknik är i dag helt dominerande för den globala marina akvakulturen, där trenden går mot större enheter med placering i allt öppnare hav, så kallad ”off shore”. Det är också den uppfödningssystem, tillsammans med uppfödning i tropiska dammar, som kan förväntas stå för de största volymökningarna av uppfödd fisk globalt (se nedan under akvakulturens utveckling i världen). Utvecklingen mot ”off shore”-system drivs av en kombination av ekonomisk effektivitet, behov av att reducera parasittrycket, exempelvis av parasiten laxlus, och möjligheten att utnyttja det öppna havets kapacitet att tillgodogöra sig ett ökat tillskott av näring.

I Sverige går det att se samma underliggande drivkrafter för kassodlingen, men här går utvecklingen mot miljöanpassade kassodlingar i modifierade och onaturligt näringsfattiga vattenområden¹⁸, som exempelvis kraftverksmagasin¹⁹. Onaturligt näringsfattiga vatten skall inte förväxlas med naturligt näringsfattiga (oligotrofa) vatten, som våra naturliga fjällsjöar. I dessa naturligt näringsfattiga vattenområden kan extra näring vara negativt för ekosystemet. Däremot om vattnet är onaturligt utarmat på näring på grund av t.ex. klimatförändringar och/eller dämning saknas näring för ett väl fungerande ekosystem (diskuteras i mer detalj nedan).

¹⁸ S.k. oligotrofa vattenområden.

¹⁹ Kiessling och Futter, 2023 Fiskodling i norr; en livsmedelsproduktion med miljöpotential. SLU HUV rapportserie 309, 2023. <https://pub.epsilon.slu.se/31084/19/kiessling-a-et-al-20230630.pdf>



Bild 6a. Bilden överst visar en rödingodling (Svensk Fjällröding) och den nedre bilden en närbild av den sportfiskebåt som skymtar i bakgrunden på den övre bilden. Fiskodling har en stor betydelse för just sportfisket genom att leverera fisk för utsättning, både som rekreationsfiske och för att i initiala skeden stödja vilda populationer. Landösjön, på bilden, utgör ett bra exempel där sportfiskeföreningar under många år har satt ut röding från samma sättfiskodling som också odlas i kassarna. Härigenom har man bidragit till ett av Sveriges bästa vinterfiske.

Foto: Anders Kiessling



Bild 6b. Bilden visar en av Sveriges största kassodlingar för regnbåge lokaliserad i Ströms-Vattudal, ett Jämtländskt kraftverksmagasin.

Foto: Anders Kiessling

Kassodling kan närmast jämföras med lösdrift av fjäderfä utomhus och är utan jämförelse vår mest energieffektiva uppfödningsslag av fisk. Detta då det är omgivande natur som står för såväl vattengenomströmningen, gasutbyte som en mer "naturlig" miljö för fisken. Rätt lokaliserad och utformad blir fiskens gödsel (fekalier, och lösta näringsämnen från urin och gälarna) även en tillgång för omgivande ekosystem²⁰. Dess styrka är också dess största nackdel i svårigheten att rena vattnet och förhindra interaktion med omgivande ekosystem. Därför är det viktigt att dessa uppfödningar lokaliseras på lämpliga platser, något som både akvakultur branschen liksom myndigheter har fått erfara genom ett antal mindre lämpliga lokaliseringar under sent 1900-tal.

Inom utvecklingen för kassodlingar ser vi utöver en förbättring i teknik/material av befintliga system, som sagt en utveckling mot användning av oljeriggsteknik och havsbaserad energi för att kunna flytta ut odlingarna i öppna havet, "off shore". Vi ser nu också en tredje utvecklingsgren, den nedsänkta kassen. Man kan säga att kassen ursprungligen kom till genom att man kompletterade strandkantens inhägnad med ytterligare sidor, botten och flytelement, så man kunde lämna strandens grunda vatten. Nu har man också satt "lock" (d.v.s. ett nättak) på kassen så den kan sänkas ner till 10-15 meter under ytan. Detta gör man bland annat för att signifikant reducera problemet med laxlus. Begreppet laxlus inkluderar egentligen två arter, en som bara har lax som "byte" och en art som även attackerar andra arter. Laxlusen är ett kräftdjur som lever på att äta av fiskens skin och kan ställa till stor skada och lidande på odlad och vild lax. Laxlus finns bara i marin miljö och dör i sötvatten, något som bland annat används för behandling av denna parasit. Laxlusen lever framförallt i ytvattnet och genom att sänka ner odlingen minskar man risken för att den odlade laxen skall angripas. Detta gör även att risken att odlingen ökar mängden laxlus som kan orsaka ökade angrepp på den vilda laxen minskar. Dessa system är ännu bara i sin linda och kräver mer avancerad utrustning för utfodring, kameraövervakning samt en möjlighet för laxfiskar att fylla på sin simblåsa från en luftbubbla (simulerat yta). Detta är en spännande ny teknik som kan komplettera övriga utvecklingsgrenar mot "off shore" och mot mer slutna system (se mer nedan om slutna system).

2.1.3 Recirkulerande system (RAS)

Ett recirkulerande system karakteriseras av att en betydande andel av vattnet renas nedströms från uppfödning-/odlingsutrymmet, genom olika mekaniska och biologiska processer, där en viss andel av vattnet återförs till samma utrymme och en viss andel släpps ut till omgivande miljön. Idag är dessa system oftast lokaliserade i industriliknande byggnader på land, men vi ser nu också en tydlig utveckling mot att lokalisera dessa mer slutna system i vatten. Den underliggande drivkraften för detta är framför allt den minskade energikostnaden för att cirkulera vattnet, men också kylning liksom en betydande minskad kostnad för konstruktion och material.

Mängden vatten som återtas till akvakultur organismen räknas i procent för varje gång vattnet cirkulerar genom systemet.²¹ För en laxfisk med behov av mycket syre brukar man räkna med tre utbyten per timme om utbytanande graden av vatten är runt 1% per cirkulation (ca 3 ggr /timme), vilket för ett system med högsta reningsgrad innebär att ca sju procent av vattnet byts ut per dygn och i ett system med lägst reningsgrad²² att mer än 15 procent av vattnet byts ut per dygn. För fiskarter med större tolerans för lägre vattenkvalitet kan antalet utbyten av vattnet sänkas, allt utifrån art och täthet (mängd fisk per vattenvolym).

Högteknologisk RAS för laxfisk är en relativt ny odlingsform²³ med en blott 70 årig historia, men inte etablerad som allmän teknik för smolt (yngel) produktion i Norge förrän cirka år 2005 (även om många smoltodlingar fortfarande är baserade på genomflöde). RAS tekniken för stor matfisk är fortfarande under stark utveckling och utöver generella principer finns ännu ingen dominerande teknik (se nedan).

Historiskt har det varit behovet att spara vatten som varit den viktigaste pådrivande faktorn för utvecklingen av uppfödning-/odlingsformen RAS. Länder som Danmark, Holland och Israel, alla med små färskvattenresurser, har länge varit teknikledande i denna utveckling. Sedan cirka tio år tillbaka har Norge till viss del tagit över ledartröjan för utvecklingen. Det kraftigt ökade behovet av sättfisk, så kallad smolt, till kassodlingar av den växande matfiskodlingen av Atlantlax, har drivit den utvecklingen så idag har lämpliga färskvattenlokaler blivit en begränsande faktor i Norge.

²⁰ Se t.ex. Euronews OCEAN Season 4, Episode 8 - Ecosystem services för karpodling i Östra Europa.

²¹ Denna procent kan variera från ca 80 procent (det vill säga 20 procent av vattnet släpps ut per cirkulation) till 99,9 procent per cirkulation.

²² Man brukar säga att gränsen mellan ett RAS och ett semislutet system går vid 80% återtag.

²³ RAS teknologin har ungefär 70 årig historia men blev "standard" för smoltodling förrän ca 2005 i Norge. (många anläggningar i Norge för smolt är fortsatt genomströmning, alla är inte RAS). Före det 1950-1990 fanns det några pionjärer som kom gick. Källa: [b5460774-1c35-45f1-a31b-50c3aefa3caf.pdf \(missite.com\)](https://www.missite.com)



Bild 7. Överst ser vi ett klassiskt RAS för att producera sättfisk/smolt (Stavanger, Norge). Det har betydligt mindre tankar och volym än ett RAS designat för att producera stor matfisk. Den nedre bilden visar ett sådant industriellt matfisk-RAS på Åland (finns inget i Sverige idag), designat för att kunna producera ca. 3.000 ton stor regnbåge per år. De inklippta bilderna illustrerar storleken på produktionsenheterna. Man har till dagens datum nått en årsproduktion om 1.000 ton, men hoppas att inom ett antal år kunna nå tänkt produktionsvolym.

Foto: Anders Kiessling

Tidigare har uppfödning i RAS uteslutande skett i industrilokaler på land, men på senare tid har, som nämnts ovan, en snabb utveckling skett avseende platser för denna typ av uppfödning (se nedan). Allt eftersom RAS-tekniken för smolt har utvecklats har intresset också ökat att använda denna uppfödningssform för lax (men numer också en rad andra arter) som matfisk. Denna utveckling drivs av att lokaliseringen av uppfödningen kan ske nära marknader även i inlandet, eller där vattenmiljön är olämplig för genomflödessystem. Eftersom stor lax är en saltvattensfisk, kräver uppfödning av den i inlandet att artificiellt havsvatten används eller att fisken återanpassas till sötvatten. En viktig faktor i den ökade populariteten att starta inlandsuppfödning i RAS är att sådan uppfödning i vissa länder (som t.ex. Norge) inte belastas av samma statliga avgifter som pelagisk kassodling i marina områden.

Som redan påpekats ovan, anses idag tekniken med RAS väl utprovad för mindre fiskstorlekar i sötvatten, men för stor fisk och i saltvatten återstår ännu stora utmaningar vad gäller bl.a. energiåtgång, mikrobiell aktivitet, välfärd, slamhantering och produktkvalitet. Detta har tillsammans med höga investeringskostnader för lokaler, liksom höga driftkostnader, bl.a. avseende energiåtgång för pumpning och kylning, gjort att de är svåra att bedriva med god ekonomisk bärkraft. Nya lokaliseringar undersöks därför, bl.a. om RAS kan placeras flytande på eller nedsänkt i vattenområden, med varierande grad av avskärmning mot omgivande ekosystem. Mot bakgrund av denna utveckling är det mer intressant att tala om slutna, kontra semislutna system i stället för landbaserade och vattenbaserade system, eftersom de tidigare landbaserade RAS odlingar numera kan ligga antingen på land, vatten eller som en kombination med fiskdelen flytande i vattnet och reningsdelen på land. Faktum är att vi nu börjar se alla olika kombinationerna utifrån vad som passar på just den lokalen.

I och med att man kan lägga sin anläggning nära eller till och med under vattenlinjen har den minskade energikostnaden lett till att vi ser framväxt av en ny typ av ”semi” RAS växa fram. Man kallar dem i nuläget Flow Through RAS (genomflödes RAS) då tekniken och design på infrastrukturen är samma som i ett RAS, men egentligen är det en hybrid form mellan ett slutet och ett genomflödessystem. För att kallas recirkulerande RAS har det funnits en tumregel att minst 80% av vattnet skall cirkuleras per varv. I dessa nya system kan man tillåta sig att både sänka tätheten på fisken och öka utbytesgraden av vattnet signifikant. I Norge har redan två sådana kommersiella system fått ut sina första skördar med i princip ingen mortalitet, mycket god tillväxt (\Rightarrow låg stress) och excellent köttkvalitet utan bismak av dy. En av dessa uppger att deras erfarenhet är att man ser en markant minskning av biologiska utmaningar vid en recirkulation under 60%, vilket innebär att allt vatten ersätts i varje tank med nytt färskt vatten var 4e timme. Den andre producenten indikerar att en täthet liknande den som är godkänd för kasse, det vill säga 20 – 30 kg fisk per kubik vatten, tycks fungera mycket bra. Självklart kräver även dessa system samma avsevärda initiala investering som ett traditionellt slutet RAS och därmed betydligt mer än för en öppen kassodling, men driftskostnaderna skiljer avsevärt från ett mer slutet RAS lokaliserat helt på land. Fördelen mot öppen kassodling är dock närheten till infrastruktur på land som vägar, odlingslokaler med mera, liksom det ger en möjlighet att kontrollera

oönskade faktorer in i systemet, som maneter, lus, vissa sjukdomar, liksom man kan kontrollera kvaliteten på utgående vatten. Dock, som alltid, till ett pris.

Med andra ord, utvecklingen går snabbt framåt, kanske ibland lite för fort vad gäller tekniska lösningar, och det kan löna sig att också invänta biologin hos fisken.

De mer slutna vattenbaserade systemen är i princip ett RAS placerat i vatten och de mindre slutna (semislutna) är i princip en gigantisk flytande tank konstruerad i en rad olika material och med varierande grad av genomflöde och rening av in respektive utgående vatten. Det bör dock understrykas att RAS och semislutna system nedsänkta i vatten ännu är på ett teststadium, men i form av storskalig och kommersiell utvärdering. Intressant att notera är också att trots mycket lägre täthet av fisk per volym vatten i en kassodling så kräver båda dessa odlingsformer ungefär samma mark-/vattenyta. Detta då ca 1/3-del av ett RAS utgörs av utrustning för vattenbehandling. För en mer sluten odling är det en fördel med en placering i vatten eftersom vattnet står för en stor del av lyftkraften och därmed öppnar för alternativa material, men den kanske allra viktigaste fördelen är det betydligt lägre energibehovet (se också ovan vad gäller utvecklingen av så kallade genomflödes RAS). Att flytta vatten i vatten kräver en bråkdel av den energi som krävs för att pumpa samma vattenmängd mot gravitationen på land liksom omgivande vatten står för kylningen.

Semislutna systemen finns idag i en rad former, från väldigt enkla system för återtag av det fasta gödslet under eller inbyggt i en öppen odlingskasse²⁴, till helt slutna och gigantiska odlingskar, med olika pump- och vattenreningssystem, tillverkade i allt från betong, stål, kolfiber, men även andra mer "mjuka" material, fritt flytande till stående på botten. En annan utveckling är att RAS eller ett semislutet system placeras i ett fartyg, för att fisken ska kunna skördas direkt hos kund men födas upp "offshore" eller flyttas mellan olika odlingslokalteter för att undvika t.ex. känsliga perioder för vildlaxen, i ett annars utmärkt odlingsområde. Även de system som kallas slutna har ett vatten- och gasutbyte med det omgivande ekosystemet (se ovan), vilket är viktigt att komma ihåg. Många av dessa system finns nu i en första beta version att köpa kommersiellt (se avsnitt nedan om "vart är vi på väg") och EU har precis gått in i en förhandling med ett projekt konsortium mellan näringen och akademien för att testa storskaligt om det är möjligt att odla i öppen kasse med dess klimatfördelar, men med återtag av foderspill och gödsel, och därmed också få fördelen av minskad risk för övergödning samtidigt som gödslet kan bli en resurs inom lantbruket. Projektet heter Aquaphoenix och inkluderar odlingar i Norge och på Åland och med det Svenska projektet "Miljökassen" som rådgivare. Projektet "Miljökassen", som just är utveckling av sådant återtagssystem har bedrivits som ett samarbetsprojekt mellan SLU, Vattudalens Fisk och Egersund Group i Norge sedan fem år och siktar på att ta fram en kommersiell version av "Miljökassen" lämplig för Svenska inlandsvatten²⁵, något som också tycks lämpligt för Åland.

²⁴ Sveriges lantbruksuniversitetets webbplats: <https://www.slu.se/fakulteter/vh/forskning/forskningsprojekt/vilt-och-fisk/miljokassen/>, hämtat 2023-06-13.

²⁵ Se SLUs externwebb för mer detaljer under Miljökassen.

Även om fisk dominerar som odlingsorganism i RAS så ser vi en tydlig ökning av odling av jätteräka i mer slutna system. I tropikerna så ser vi mer att de ganska svårkontrollerade dammarna, vad gäller hygien och gödsel, byts ut mot tillverkade kar eller byggda/grävda dammar med liner, samtidigt som man ökar graden recirkulering. I våra mer tempererade regioner sker odling av jätteräka uteslutande i slutna system och då antingen i system nästan identiska med de högteknologiska RAS systemen för fisk eller Bio-RAS (se nedan under IMTA). Det finns långt gångna planer på mycket stora och högteknologiska RAS för räka såväl i Sverige som nere på kontinenten, där vi redan finner aktiva RAS räkodlingar i Tyskland, Belgien och Spanien.



Bild 8a. Bilden visar en modernt uppbyggd jorddamm med inbyggd uppsamling av slam i botten. Just denna damm är lokaliserad söder om Miami, USA (se även bild 10). Bilden kunde dock lika gärna varit tagen någonstans i Syd Ost Asien eller Sydamerika. I Sub-Sahara Afrika ser vi dock i huvudsak fortfarande traditionellt grävda jorddammar, med jordbotten. Dessa är svåra att göra rent och botten dyn fungerar ofta som reservoar för sjukdomar och eventuella medicin rester med mera.

Foto: Anders Kiessling

2.1.4 Integrerad akvakultur

Integrerade vattenbruk (IMTA)²⁶ kan avse både genomflödessystem och RAS och kan innehålla matat, omatat eller en kombination av dessa odlingsformer. Gemensamt för integrerade vattenbruk är att man föder upp och odlar flera arter

²⁶ IMTA är en förkortning av det engelska begreppet Integrated Multi-Trophic Aquaculture och innebär att man kombinerar olika organismtyper i mer eller mindre kompletta kretslopp. Det vill säga en avdelnings restprodukter blir nästa avdelnings resurs. Till exempel gödsel från fisken kan bli näring till växter och/eller alger och så vidare...

från olika trofiska (biologiska) nivåer, men med samma vatten, där ena nivåns avfall blir nästa nivåns tillgång. Det i dag vanligaste förekommande systemet är en kombination av fisk och växter, men fisk i kombination med såväl makro- som mikroalger förekommer också. Denna produktionsform har en mångtusenårig

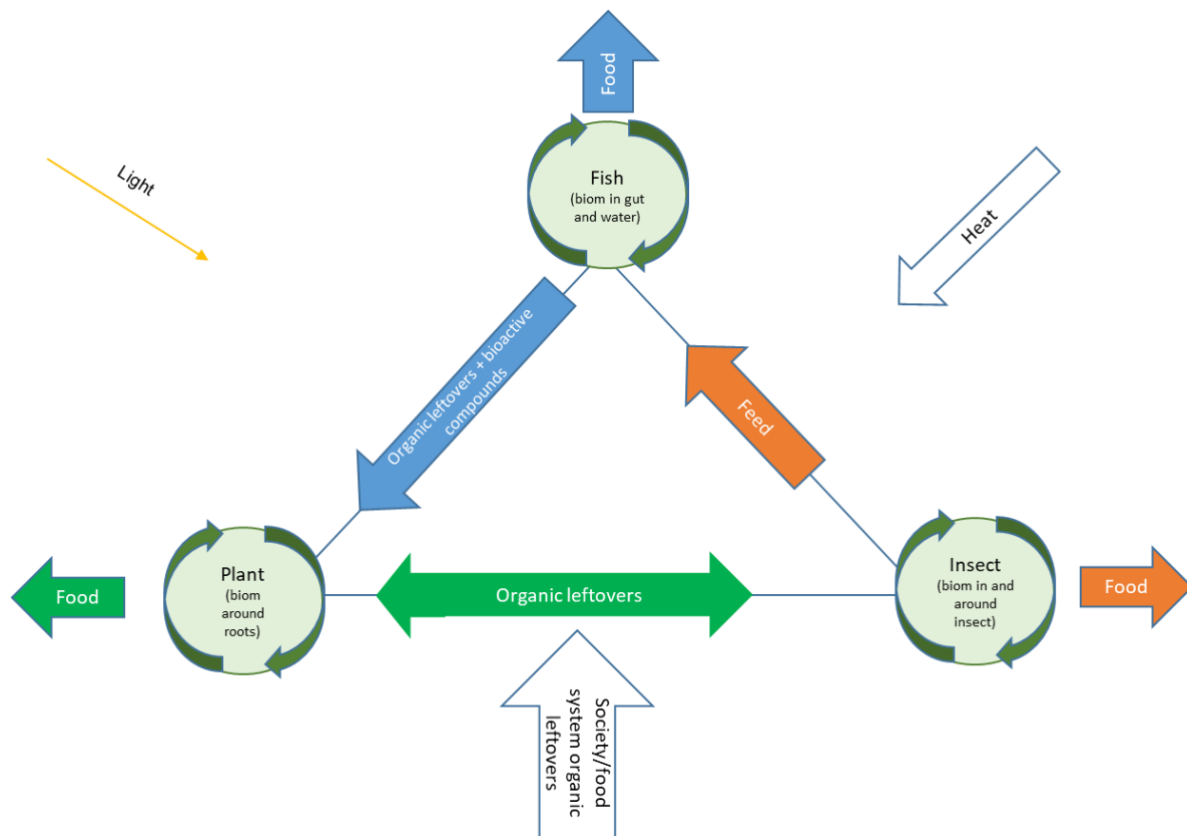


Bild 8b. Akvaponi är en form av integrerad odling (IMTA) där man kombinerar olika djur/växtgrupper för att den enes rest blir en resurs för nästa nivå. Här visas hur en RAS fiskodling (ovan) antingen kan kombineras med traditionell växthusodling med fast substrat (jord eller annat, till vänster) eller med en hyllbaserad hydroponi (växtodling flytande i vatten med konstljus), nedan.

Foto: Anders Kiessling



historia från Sydostasien, där det är vanligast att kombinera uppfödning av fisk i dammar med risodling i ett kopplat jordbruk eller i form av ett växelbruk. Samodling mellan fisk och ris på samma fält förekommer också. Dessa system kan liknas med flödet på en växt- och djurgård, där gödslet från ladugården förs ut på åkern och där sedan delar av näringen återförs till ladugården i form av foder. Med andra ord är dessa kretslopp i huvudsak inriktade mot näringsämnen, i motsats till ett modernt RAS, vars huvudfokus är återtag av vatten och borttagande av näringsämnena genom olika reningstekniker.



Figur 1. En schematisk skiss över principerna för ett slutet IMTA baserat på restvärme och organiska biflöden in till olika biologiska system, sammanlänkande genom ett vatten, näring och energi flöde. De olika systemen prioriteras beroende på tillgänglighet av resurser över dygnet/året, där ett system då agerar "biologiskt" batteri för andra... Dessa in resurser förädlas sedan via ett internt flöde där "ny" mat kan tas ut i varje steg. SLU tillsammans med Umeå Universitet Plant Science Center och Luleå Tekniska Universitet arbetar nu gemensamt med att utarbeta AI inläring för att bättre kunna styra dessa mycket komplexa system, där en förändring i ett system kan ge domino effekter genom hela systemet (Formas projekt " AI for improved efficiency and sustainability of closed land-based integrated food production systems – a case study in Boden, project: iFPS (intelligent Circular Food Systems).

Illustration: Anders Kiessling

I Sverige och andra regioner med liknande klimat²⁷, har detta tagit en mer sluten och tekniskt avancerad form där uppfödning av fisk i ett kar inomhus oftast kombineras med odling av grönsaker/kryddor i ett växthus och där tekniknivån på vattenbehandlingen beror på om växten odlas i vatten (hydroponisk odling) eller i ett fast substrat, som t.ex. jord, biokol, eller olika växtmaterial. Denna uppfödning- och odlingsform grupperas oftast under namnet *akvaponi*, som karakteriseras av att fiskens gödsel blir växtens näring och att växten renar vattnet innan vattnet antingen återförs till fisken (slutet system) eller släpps ut till en extern recipient (genomflödessystem, ofta kallat ”de coupled”). EU har från och med den nu pågående stödperioden beslutat att akvaponi skall grupperas under lantbruk²⁸ och inte akvakultur. Detta med motivering att odlingsformen brukar producera ca tio gånger mer växt- än fiskprodukt.

IMTA i öppna marina system har även det en lång historia från Sydostasien, där man genom praktisk erfarenhet funnit att en kombination av öppna uppfödningar/odlingar av fisk, musslor och alger skapade ett balanserat ”ekosystem” även i grunda vikar med lågt vattenflöde. Precis som i fallet akvaponi (IMTA) så utgör gödslet från den matade fisken näring för odlade makro- och vilda mikroalger, där mikroalgerna i sin tur blir mat åt musslorna. Man har försökt återskapa samma kombination av IMTA även med moderna kass-, mussel- och algodlingar i Norge och Kanada, men precis som med storskalig och intensiv RAS har man stött på en rad produktionstekniska utmaningar, även om man här inte har samma biologiska utmaningar som i ett intensivt och storskaligt RAS. Dessa projekt är därför ännu på pilotstadiet.

Ett för västvärlden nytt system är *bioflock*, där fisken eller räkan²⁹ föds upp i samma vatten som en för räkan/fisken naturlig bakterie-/mikroalgekultur. På så sätt omvandlas fiskens gödsel till ett nyttigt helfoder direkt i uppfödningen i form av flockade bakterier och mikroalger. Detta förutsätter att fisken eller räkan är anpassad för att filtrera sådana flockar, vilket såväl tilapia som jätteräka är. Systemet är egentligen en slags kopia av ett naturligt ekosystem, och kallas därför i vissa former för ”Bio mimicry” (biologisk härmning). Uppfödningen är antibiotikafri och kan signifikant reducera behovet av kommersiellt foder. Nackdelen är att mikroberna och odlingsorganismen kan konkurrera om samma resurser som syre, behov av vattenomrörning (turbulens) och sammansättning av externt tillförda foderresurser. Nya former av bioflock har därför utvecklats, som Bio-RAS där olika delar av systemet är optimerat för antingen mikroberna eller den odlade organismen (fisk/räka). I Västervik, Sverige byggs nu en mindre odling med en egen unik och patenterad form av just tropisk Bio-RAS[®] som ett innovationsprojekt mellan SLU, Umeå Universitet och näringen, Cresponix (som

²⁷ Faktum är att vi ser att en del av de mer högteknologiska tekniker som utvecklats för inomhusbruk i kallare klimat nu också börjar tillämpas i mer tropiska klimat, men då utomhus eller i mycket enkla byggnader (se t.ex. Zimmermann, Kiessling & Zhang. The future of intensive tilapia production and the circular bioeconomy without effluents: Biofloc technology, recirculation aquaculture systems, bio-RAS, partitioned aquaculture systems and integrated multitrophic aquaculture Rev Aquac. 2023;15(Suppl. 1):22-31.

²⁸ [Havs-, fiskeri- och vattenbruksprogrammet - Jordbruksverket.se](https://www.havs- och fiskeri- och vattenbruksprogrammet - Jordbruksverket.se)

²⁹ Även kombinationssystem utvecklas nu där man sätter samman vattenflöde mellan dammar med räka i en och tilapia (fisk) i en annan. Det tycks som kombinationen ger en förbättrad biologisk balans och därmed blir mer robust och produktiv.

betyder odlingsteknik utan jord). Projektet är initialt stött av Vinnova och EUs innovationsfond och ingår också som del i det Formas projektet som nämns under bild 9. Dessa system har potential att bli ett komplement till framtidens gröna energisystem. Detta eftersom temperaturbehovet kan tillgodoses genom returvattnet



Bild 10. Överst en bioflock odling för tilapia i kombination med odling för passionsfrukt lokaliserad söder om Miami, USA. Odlingen är en de-coupled akvaponi, vilket innebär att vattnet leds in till fisken och därifrån till växterna för att sen återföras till omgivande ekosystem, här genom dränering ner i jorden. Florida, vars mark utgörs av kalksten, kan i princip beskrivas som en gigantisk infiltrationsbedd. Lägga märket till det gröna vattnet som betyder att flokken domineras av mikroalger, vilket är en favoritföda för fiskarten tilapia (se nedre bilden till höger). Räka, som också kan äta direkt av mikroorganismer i vatten, föredrar mer lactobakterier, vilka ger ett mer ambrafärgat vatten (se nedre bild till vänster), vilken kommer från Sveriges första inomhus bioflock odling, Vegafish, som grundades av A.Kiessling, S. Zimmermann, B. Olivissson, M.Olstorp och Hallstavik nätverket, redan 2012, som ett innovationsprojekt från SLU, med stöd av EUs innovationsmedel. Intressant är att senare forskning indikerar att alg/bakterie kulturerna i odlingsvattnet också har en probiotisk effekt för växterna som vattnas och besprutas med odlingsvattnet (se Zimmerman, Kiessling & Zhang, 2023 i fotnot nedan).

Foto: Anders Kiessling

från fjärrvärme eller av nedkylningsprocesser i t.ex. vätgasproduktion, där även lågradigt kylvatten (under 60 °C) måste luftkylas till under 10 °C av temperaturen i recipienten innan utsläpp, något som idag kostar pengar. Systemen har därför ibland beskrivits som en biologisk del av en industriell kylkedja³⁰. Dessa system är idag de snabbast ökande IMTA-systemen i tropiska regioner, medan utvecklingen i mer tempererade regioner, som i norra Europa ännu sker i pilotskala, då systemen kräver temperaturer runt 30 °C.³¹

2.2 Omatad akvakultur

Till skillnad från matad akvakultur så tillför odlaren ingen extern näring till den odlade organismen. Man kan därför säga att denna odling ”per default” sker genom genomströmning då den kräver att tätheten är låg för att ge varje individ god tillgång på näring från det omgivande ekosystemet. Denna odlingsform



Bild 11a. En typisk musselodling på den svenska västkusten. Till vänster ser vi den gula utmärkning av odlingen för sjöfarten och till höger de typiska flytbojarna som håller upp de bärlinor som odlingsrepen är fästa på (se även bild 3). På ytan ser det i princip likadant ut, med rader av flytbojar, också för odling av makroalger eller sjöpunng. I Östersjön så ser vi däremot bara den gula utmärkningen för en musselodling. Här har Ecopelag (EF) utvecklat ett nedsänkbart system baserat på Nya Zeeländsk teknik, men nu anpassat till Östersjön. Flytbojarna ligger på 3 meters djup och odlingen sker sen på odlingsband anpassade till Östersjöns mindre mussla, ner till 12 meters djup. På detta sätt minskas risk för konfrontation mellan odlingen och det rörliga friluftslivet. Utöver odling på rep så finns det teknik där man hänger ner ett nät fäst i långa rör som flytelement, så kallad Smart Farm. Systemet är mer yteffektivt men lämpar sig bäst för isfria vatten och är därför vanligt i Danmark och Norge. Sverige ingår nu i ett BSR (Baltic Sea Region) projekt där den danska partnern skall överföra den svenska erfarenheten från nedsänkt odling också till Smartfarm systemet (se BalticMuppet projektet, <https://balticmuppets.eu/>). Foto: Anders Kiessling

³⁰ Parker & Kiessling. Low-grade heat recycling for system synergies between waste heat and food production, a case study at the European Spallation Source. Published on line 22 Feb. 2016. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ese3.113/full>. Energy Science & Engineering (ESE-2015-04-0032).

³¹ Zimmerman, Kiessling & Zhang. 2023. The future of intensive tilapia production and the circularbioeconomy without effluents: Biofloc technology, recirculation aquaculture systems, bio-RAS, partitioned aquaculture systems and integrated multitrophic aquaculture. Rev Aquac. 2023;15(Suppl. 1):22–31.

benämndes därför ofta förr som extensiv, medan den matade odlingen benämndes som intensiv. Denna odling sker genom att man antingen erbjuder ”fäst” plats för naturligt kringdrivande yngel, vars livscykel innehåller dels en fri fas och en vidare tillväxt på en fast växtplats. För dessa organismer, som skaldjur (mussla, ostron med flera) är det just lämpliga växtplatser som är begränsande. Sen låter man musslan eller ostronet växa vidare till lämplig storlek då det skördas. Denna typ av odling kräver tillgång på friskt vatten och god genomströmning. Detta då musslan och ostronet tar upp i princip allt som finns i vattnet och därmed vidare till konsumenten. För att säkra ett säkert livsmedel har EU infört stränga regler för livsmedelshygieniska kontroller av såväl odlingsområdena för mussla och ostron, liksom kontroll av de skördade produkterna innan försäljning till konsument. Inom ostron, liksom för makroalger förekommer uppodling av sätt plantor och larver, i tillägg till natur ”setling” (för ostron se ovan under matat vattenbruk). Efter en viss storlek planteras ynglet eller plantan ut på en odlingsrigg. Denna odling för tidiga livsstadier sker då i landbaserade genomströmssystem och matas med mikroalger, respektive näring. I princip är allt omatat vattenbruk marint, men försök har gjorts, även i Sverige, med odling av sötvattensmussla. Utöver detta så odlas idag sjöpung på samma sätt som blåmussla och vi har en aktiv odling av sjöpung på västkusten i samarbete med Norge. Man har redan kommersiella produkter på den svenska marknaden i form av fisksås och burgare, där framförallt fisksåsen har fått ett mycket positivt gensvar från den svenska kockeliten för sin mycket utpräglade umamikaraktär.



Bild 11b. Bilden visar två exempel på populära och kravgodkända matprodukter från en av våra största Svenska musselodlare på Orust, Bohuslän. Den Svenska västkustmusslan är känd för sin höga kvalitet och nu också ursprungsskyddad inom EU. Överst ser vi isade levande musslor i när och nederst vacuumpackade musslor.

Inom EU står staten för kontroll av odlingsvattnen och odlaren för kontroll av musslan. Varje skörd föränmäls till Livsmedelsverket, som också godkänner analysresultaten av själva musslan för säkra musslans höga kvalitet som livsmedel och att den utgör säker mat.

Foto: Anders Kiessling



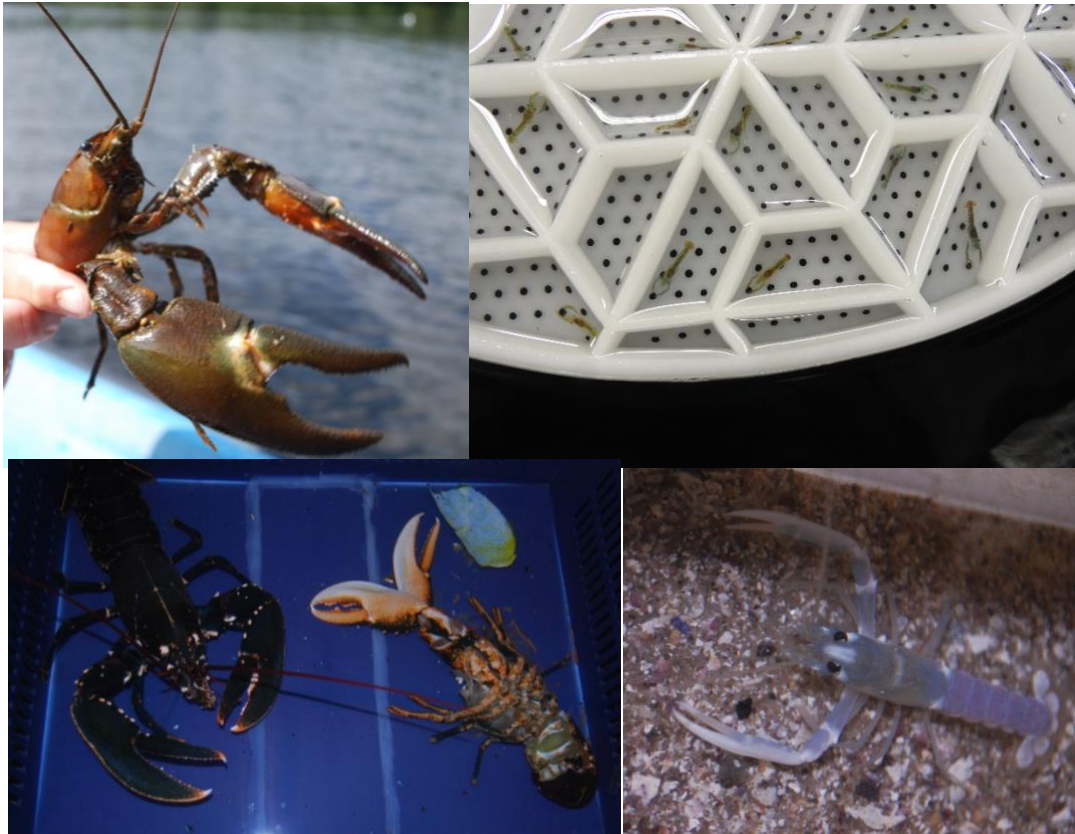


Bild 12. I Sverige har vi en lång tradition av att odla sötvattenskräfta, både för konsumtion och utsättning. Sedan signalkräftan (bilden till vänster ovan), som är en inplanterad art från Nordamerika, förklarades som invasiv av EU får vi bara odla vår inhemska flodkräfta för utsättning. De tre övriga bilderna visar ett projekt vid Kristinebergs Marinbiologiska station att utveckla en odlingsform för svensk hummer och havskräfta. En av utmaningarna med just kräftdjur är att de är solitära och kan vara mycket aggressiva mot varan. De måste därför kunna söka skydd eller hållas isolerade när de ömsar skal, d.v.s. byter till ett större skal för att kunna växa. Kräftdjurens skall utgör deras skelett och kallas därför exoskelett (yttre). Nere till vänster ser vi en hummer som har fått ett nytt skal och det gamla skalet, som den krupit ur ligger till höger i bilden.

Foto: Anders Kiessling

3. Akvakulturens utveckling fram till idag

Akvakultur är sedan 2000-talet världens snabbast växande animalieproduktion. I början av 2000-talet skedde ett skifte när produktionen av odlad fisk till livsmedel kom till lika delar från fiske som från uppfödning och odling, och sedan dess fortsätter andelen från akvakultur att växa medan fisket antingen står still eller minskar. Man räknar med att akvakultur år 2050 kommer att stå för mer än 3/4-delar av all konsumerad sjömat i världen. Nedan ges en sammanställning av produktionen i världen, Europa, EU och Sverige baserat på 2022 års siffror, som redovisas i FAOs rapport 2024 (se nedan).

3.1 Akvakulturens utveckling i världen

FAO³² har i uppdrag att sammanställa nationell statistik för fiske och akvakultur i en globalt täckande rapport som publiceras vartannat år.³³ Utöver omfattande statistiska sammanställningar innehåller rapporten utvalda teman, utifrån dagsaktuella utmaningar och trender, för utvecklingen av fiske och akvakultur i världen. Dessa är baserade på en kombination av det statistiska materialet, FAO:s tjänstemäns långa erfarenhet och FAO:s expertkommittéer. Nedan ges en kort sammanfattning utifrån FAO rapport 2024³⁴ som är baserad på data till och med år 2022. Där andra källor används anges de separat.

Under år 2022 bestod världens akvakulturproduktion av 94,4 miljoner ton vattenlevande djur och 36,5 miljoner ton alger eller växter med ett nytt totalt produktionsrekord 2022 om 130,9 miljoner ton. Djuren föddes upp främst för användning som livsmedel medan övriga organismer som makroalger odlades även för andra användningsområden. Utöver dessa bestod den globala akvakulturproduktionen av 700 ton snäckor och pärlor för prydnadsbruk. Den årliga produktionen inom akvakultur i världen har under åren 1990–2020 vuxit med 609 procent. Asien är den världsdel som står för störst produktion inom akvakultur och år 2022 stod Asien för 91,4 procent av världens produktion av vattenlevande djur och alger. Men det finns stora skillnader i akvakulturproduktionen mellan olika länder i Asien. Sedan år 1991 har Kina producerat mer vattenlevande djur och alger än resten av världen tillsammans. Trots att FAO räknar med att det sammanlagt odlas 697 arter i världens akvakultur står ett fåtal arter för den större delen av produktionen. Volymmässigt är det de olika karparterna som gräskarp som står för

³² Food and Agriculture Organization of the United Nations, FN:s livsmedels- och jordbruksorganisation.

³³ FAO:s webbplats: <https://www.fao.org/publications/sofia/2022/en/>.

³⁴ FAO. 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. Blue Transformation in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd0683en>

de stora volymerna av fisk, men även arter som tilapia och Atlantlax odlas i relativt sett större volymer.

Sedan år 2000 tills 2022 har den animala delen av den totala globala akvakulturproduktionen utgjort ca 72-75 procent. Den har i sin tur ökat från 43,0 till 94,4 miljoner ton under samma tid. Makroalger har en liknade relativ årlig ökning i total volym om 5%, från 10,6 till 36,5 millioner ton/år och står för ca 25-28% av totalproduktionen. Av den animala produktionen utgör fiskodlingen 65% år 2022, musslor står för ca 20 procent, räkor 13,5 procent och övrigt ca 1,5 procent.

Några nyckelbudskap från FAOs 2024 års rapport:

1. Global F&A-produktion (Fiske och akvakultur) nådde rekord 223 Mt 2022: 185 Mt vattenlevande djur och 38 Mt alger. För första gången överträffade djurproduktionen inom akvakultur fiskeriproduktionen, med rekord på 94,4 Mt, nästan 8 % högre än för två år sedan och utgjorde 51% av den totala produktionen, och 57% av den del som blev livsmedel. 62,6% av akvakulturproduktionen skedde i inlandsvatten.
2. Produktionen av fångst ökade med 1,4 % från för två år sedan, och är fortsatt en stabil produktionsnivå sen de senaste 30 åren.
3. Bidragen från akvatiska livsmedelssystem till global livsmedelssäkerhet och näring fortsätter att växa, med en rekordkonsumtion per capita på 20,7 kg 2022, vilket utgör 89% av den totala produktionen. Sedan 1961 har konsumtionen per capita av vattenlevande animaliska livsmedel ökat från 9,1kg, d.v.s. dubbelt så mycket som världens befolkningstillväxt.
4. Volymen av marina fångster förproduktion av fiskmjöl och fiskolja har minskat. Vattenbrukets tillväxt har alltså inte ökat behovet av att använda fler marina ingredienser som foder, tack vare förbättrad foderformulering och den ökande användningen av fiskbiprodukter.
5. Asien var källan till 91 % av vattenbruksproduktionen av vattenlevande djur 2022, men över genomsnittliga tillväxthastigheter för vattenbruk har observerats i Afrika och Latinamerika sedan 2000 (8 % APR), jämfört med en tillväxt under genomsnittet i Europa och Nordamerika.
6. Det marina fisket är fortfarande avgörande för mat, försörjning och hållbar utveckling, men hållbarhet är ett problem. 62,3 % av de marina bestånden fiskas inom biologiskt hållbara nivåer, en 2,3 % försämring jämfört med 2 år sedan. Det småskaliga fisket försörjer mer än 500 millioner människor, vilket utgör 90% av arbetsstyrkan. Av denna är 45% kvinnor. Detta fiske bidrar med 40% av fångsterna.
7. Förbättringar av hållbarheten för de 10 främsta marina arterna, ett stort tonfiskbestånd, till exempel, stöder varför FAO:s blå omvandling kräver att 100 % av fiskbestånden sätts under effektiv förvaltning, eftersom förvaltningen fungerar och är det enda verktyget för att vända ohållbara metoder.
8. Vattenproduktion är också avgörande för försörjningen. Sektorn sysselsätter direkt 62 miljoner människor. Om man lägger till de som är involverade i hela värdekedjan och deras anhöriga, är omkring 600 miljoner människor beroende av sektorn för sin försörjning, den stora majoriteten i utvecklingsvärlden.
9. 230 stater och territorier var aktiva i den internationella handeln med sjömat och genererade en rekordexportvolym värd 192 miljarder USD, en ökning med 19 % jämfört med tiden före COVID. Nettofördelarna av handeln med vattenlevande produkter för låg- och medelinkomstländer överstiger nettofördelarna från handeln med alla andra jordbruksråvaror tillsammans.

Några nyckelbudskap från FAOs 2024 års rapport:

10. FAOs modeller indikerar att sektorn kommer att växa ytterligare 10 % till 2032, mest tack vare vattenbruket. Med en befolkning som förutspås vara 9,7 miljarder år 2050, kommer alla livsmedelssystem, inklusive akvatiska livsmedel, att behöva bidra till utmaningen att mata världen på ett hållbart sätt.
11. För att bibehålla nuvarande nivå av akvatiska livsmedel per capita år 2050 kommer det att krävas en tillväxt på 22 % av det globala utbudet och 74 % i Afrika. Detta är en stor utmaning som kräver en blå transformation, för en värld där akvatiska livsmedel spelar en viktigare roll för att få ett slut på hunger och fattigdom, men denna tillväxt måste vara miljömässigt hållbar, socialt rättvis och inrikta sig på livsmedelssäkerhet och näringsbehov först.

3.2 Akvakulturens utveckling i Europa

Akvakultur inom Europa står för ca 2,7 procent av världens akvakulturproduktion och under år 2022 producerades totalt ca 3 533 428 ton vattenlevande organismer, varav 29 988 ton avsåg makroalger, 4 031 ton avsåg räkor, 598 680 ton musslor/ostron och resterande 2 889 632 ton avsåg fisk. Av produktionen inom Europa stod Norge för ca 47 procent av den totala produktionen medan EU tillsammans stod för ca 33 procent, varav Sverige odlade ca 8 000 ton regnbåge, 2 500 ton röding, 2 000 ton skaldjur och några hundra ton tilapia och ålmal (*Clarias*).

3.2.1 Akvakultur inom EU

Akvakultur inom EU består huvudsakligen av fyra delsektorer; ryggradsdjur (alla arter av fisk), kräftdjur som jätteräka och kräfta, blötdjur som mussla och ostron samt växter och protister som makro- och mikroalger. Utöver dessa redan etablerade arter kan det nu ses en breddning av EU:s marina akvakultur med arter inom fylat tagghudingar, som sjöborre, sjöstjärna och sjögurka, och ryggsrängsdjur, som sjöpung. I praktiken brukar man ofta skilja mellan skaldjursodling (kräftdjur och mussla³⁵), fiskodling i sötvatten, fiskodling till havs, och algodling. Den sistnämnda odlingen delas i sin tur upp i makroalger, som tång vilken odlas i marina vatten, och mikroalger, som odlas i olika slags fermentorer på land. Mikroalger odlas både som råvara inom processindustrin, som kosttillskott, där spirulina³⁶ är ett bra exempel, och som levandefoder inom yngeluppfödning av akvakulturarter i larvstadium.

Man skiljer också ofta mellan öppna uppfödningssystem, där vattnet används en gång, och recirkulerande system, där vattnet används flera gånger. Utöver det skiljer man också ofta mellan matad och omatad akvakultur där matad akvakultur innebär att man tillför näring i form av foder i någon form, medan

³⁵ Ostron och musslor hör båda till stam blötdjur, klass musslor

³⁶ Hör till blågröna mikroalgerna - tillhör släktet cyanobakterier

omatad akvakultur innebär att organismen själv extraherar näring från omgivande vatten (för mer detaljerad beskrivning se tidigare avsnitt).

Historiskt har fiskuppfödning i Europa dominerats av uppfödning i jorddammar, där uppfödning av karpfiskar är den äldsta och fanns redan under medeltiden runt kloster, slott och större gårdar. Detta utvecklades i östra Europa till stora dammar genom att delar av meandrande floder avskildes från övriga vatten. Dessa uppfödningar är fortfarande viktiga för den lokala fiskförsörjningen i dessa länder, men också för bibehållen biodiversitet i många av Östeuropas våtmarker, vars näringsförsörjning till stor del kan vara beroende av tillskott från fiskuppfödningen³⁷. På Brittiska öarna och i vissa andra delar av Europa finns en utbredd inlandsodling av olika öringsarter till en slaktvikt mellan några hundra gram till ett kg. Dessa odlas i dammar, tråg eller så kallade ”race ways³⁸” i sötvatten. I Danmark är detta en viktig odlingsform för utsättning av stor sättfisk till säsonsodling³⁹ i kassar i havet. Här föds regnbåge upp till ca ett kg i slutna eller mer öppna uppfödningar på land, för att sedan sättas ut i kassodlingar i havet på våren. Fisken skördas sedan på senhösten för kaviar och filé och då vid en storlek



Bild 13. Ett exempel på ett danskt ”damnbruk” på Jylland, Danmark, för odling av regnbåge i dammar. Denna odling är ombyggd för att kunna återta en stor del av vattnet efter viss rening av vattnet, medan utsläppt vatten först går igenom en anlagd våtmark infällda bilden) innan det återförs till recipienten i form av en bäck eller å (syns i bakgrunden på infällda bilden).

Foto: Anders Kiessling

³⁷ t.ex. Euronews OCEAN Season 4, Episode 8 - Ecosystem services för karpodling I Östra Europa

³⁸ race ways kan sägas är en kopia av en naturlig bäck där man skapar en för fisken eller räkan naturlig och kontinuerlig ström av vatten från en ända till den andra. En race way kan antingen vara en kanal där vattnet kommer in i ena ändan och ut i den andra. Den kan också vara formad som en loop, där vattnet kan cirkulera runt i en kanal innan det tas ut. Race way används ursprungligen i genomströmssystem men blir nu allt vanligare också för RAS.

³⁹ Används för regnbåge där fisken odlas till ca 1 kg i någon typ av landodling (genomström eller mer slutna) för att sättas ut i kasse i havet på våren och sen slaktas runt 3 kg innan höststormarna omöjliggör denna odlingsform i öppna havet utan en skyddande skärgård.

om ca 2–3 kg. För detta används enkönad så kallad ”all female”-regnbåge för att maximera kaviarproduktionen.

Akvakultur till havs och i kustområden domineras i norra Europa och i delar av Medelhavet av uppfödning i öppna kassar för fisk, medan uppfödning av skaldjur är mer dominerande vid västra Europas Atlantkust och Norra Medelhavskusten. Även runt Brittiska öarna samt runt Danmarks och Norges kuster finns aktiva uppfödningar av musslor men även ostron. I kassodlingarna i norra Europas kustområden är Atlantlax den dominerande arten, men sedan Brexit finns den absoluta majoriteten av europeiska laxodlingar utanför EU. Havsabborre och guldrax är de vanligast förekommande arterna i öppna kassodlingar i Medelhavet.

Uppfödning av skaldjur inom EU baserar sig främst på djur som är födda i naturen och som extraherar tillgängliga näringsämnen i miljön. De flesta skaldjursuppfödningarna avser musslor och det är främst blåmusslor, hjärtmusslor och sandmusslor som föds upp i större kvantiteter. Ostronuppfödning är även en viktig verksamhet inom skaldjursuppfödningen men den har under senare år haft stora problem med sjukdomar. Intresset för artificiell reproduktion av ostronlarver har ökat. I Sverige sågs både uppfödning av musslor och ostron som



Bild 14. Odling av jätteostronet i nätkassar, där ostronet placeras så fort det är tillräckligt stort. Dessa hängs sedan i vattnet eller läggs på botten. Denna bild är från en ostronodling av det Japanska jätteostronet (tidigare *Crassostrea gigas* nu *Magallana gigas*), Rhode Island, USA .

Foto: Anders Kiessling



Bild 15. Ostron är ett mycket nyttigt livsmedel och det har en positiv effekt på eutrofa ekosystem genom att det tar upp näring från omgivande vatten. Men i likhet med blåmusslan är det viktigt att man kontrollerar vattenkvaliteten där man odlar ostronet.

Foto: Anders Kiessling



En möjlig skillnad mot blåmusslan kan vara att ostronets avföring möjligen är lösare än musslans, vilket kan betyda att sedimentansamling under en större odling blir ett mindre problem än det kan vara för fisk och mussla.

Ovan ser vi *M. gigas* och till vänster skalet från *O. edilus*. Lägga märket till det mycket rundare och flatare skalet på *O. edilus*. Just detta kommer från *Ostreas* ostron odling på Koster

framtidsnärings redan i den så kallade Ackeforska utredningen⁴⁰. Sverige har länge arbetat med att ta fram artificiell uppfödning av ostronlarver för att kunna reproducera en sjukdomsfri stam av det europeiska ostronet (*Ostrea edilus*). Globalt och i övriga EU domineras uppfödning av ostron idag av Stillahavsostonet, (*Magallana gigas*), vilket också ofta benämns som Japanskt jätteostron.

3.2.2 Akvakulturens utveckling i Sverige

Historiskt perspektiv

Fiskuppfödning i Sverige har en lång historia, där karpfiskar en gång i tiden föddes upp i jorddammar runt större herresäten, med kopplingar till Vadstena kloster ända tillbaka till 1400-talet. Den nordiska karpfamiljen, rudan intar här en särställning, väl anpassad till det nordiska klimatet. Odlingar fanns också vid våra städer, vilket namn som Ruddammen på Södermalm i Stockholm och kvarteret Rudan i Uppsala vittnar om⁴¹. Under 1900-talets första hälft hade denna odling vuxit och omfattade

⁴⁰Ed. Hans Ackefors, Kjell grip Musslor och ostron: en ny näringsgren för svenska västkusten. Pdf, 6.6 MB, öppnas i nytt fönster. (, Forskningsrådsnämnden i samarbete med Havresursdelegationen) Rapport 85:2, ISBN 91-86174-25-8

⁴¹ Madeleine Bonow, Håkan Olsén & Ingvar Svanberg (red.), Historical Aquaculture in Northern Europe. Södertörns högskola, Huddinge 2016. 204 s., ill. ISBN 978-91-87843-62-4.



Bild 16. Ett exempel på just en sådan igenväxt ruda dam från Saxå Herrgård i Värmland, där man snört av en vik av sjön genom att bygga en vall rakt över mynningen, och sen behållit en mindre damöppning för att kunna släppa ut vatten som fyller på dammen genom en bäck inne i viken.

Foto: Anders Kiessling

både vanlig karp som sutare och ruda, där speciella tåg chartrades för försäljning av levande karpfisk på kontinenten⁴². Detta minskade radikalt i och med världskrigen. I populär historia (<https://popularhistoria.se/vardagsliv/mat-dryck/svensk-slottsfisk-pa-export>) presenterar naturskribenten Hasse Jansson en utmärkt och lättillgänglig sammanfattning av detta avsnitt av svensk fiskodlingshistoria.

Under 1800-talet växte kunskapen fram i västra Nordamerika att man kunde använda vintervilan hos befruktad rom från laxfiskar till att transportera dessa långa sträckor, bara man höll dem fuktigt, mörkt och svalt. Laxfiskar finns därför runt hela jorden, trots att de naturligt bara finns i tempererade områden på Norra halvklotet. Regnbågen (en Nordamerikansk öring) kom genom detta till Sverige redan år 1890 från uppfödningar i Skottland. Den föddes då som nu upp i jorddammar eller tråg i genomflödessystem och blev en av flera öringsarter för utsättning för sportfiske eller för populationsvård.

Som ett led i populationsvård av våra vilda stammar av laxfiskar anlades redan år 1909 en försöksstation i Kälarne (se bild 1) med syfte att genom uppfödning och artificiell befruktning säkra genmaterialet för viktiga vilda svenska sötvattensarter av laxfisk. Denna levande genbank kom sedermera att kompletteras med en modern cryo-baserad⁴³ genbank, och under 1980-talet med avelsprogram för uppfödd röding och regnbåge. Detta var då avsett som ett direkt stöd för en växande svensk akvakultur och att härigenom säkra ett högklassigt fiskmaterial, helt i paritet med de sedan länge etablerade programmen för våra landlevande produktionsdjur. Kälarne ägdes och drevs länge av dåvarande Fiskeriverket, men drivs idag

⁴² Prof. Hans Ackefors pers. kom. KSLAs Fiskekommitté, 2010.

⁴³ Nedfrysta ägg och spermier från genetiskt viktiga stammar av våra vilda arter och här i första hand från laxfiskar.

gemensamt av näringen, SLU, Region Jämtland och föreningen Vattenbruksforskare i Norr och är en viktig del i forskning och utveckling (FoU) av den svenska akvakulturen av laxfisk.

Vattenkraften och fiskuppfödning

Parallellt med utvecklingen av uppfödningen av laxfisk för sportfiske, började Sverige bygga ut vattenkraften i stora älvar, där Olidan nedanför Trollhättan var det första 1910. Det följdes snart av en storskalig utbyggnad av såväl Norrländska som andra större älvar, där kraftverken i Luleälven (Porjus, 1915) och Älvkarleby (1915) är välkända exempel. I vattendomar avseende dessa utbyggnader ålades kraftbolagen att kompensera förlusten av vildlekande fisk genom artificiell rekrytering av så kallad smolt (utvandrande laxfisk) från uppvandrande vild fisk⁴⁴.



Bild 17. Nykläckta regnbågsyngel med full gulesäck. Laxfiskar har stora ägg (rom) som gör att dels kan äggen ligga i vintervila efter befruktning, dels har de kvar mycket näring när de kläcks. I motsats till t.ex. yngel från många andra arter med larvstadier, som abborre, gös, torsk och många fler har yngel från laxfiskar så mycket näring i gulesäcken att de hinner utveckla ett väl fungerande matsmältningssystem tills de skall börja äta. Det gör odlingen mycket enklare än för fiskar med mindre larver där man måste startutfodra med mycket speciella foder och/eller levande byten.

⁴⁴ Kraftbolagen har reglerat när och var de ska sätta ut smolten i ett naturligt vatten, eftersom när laxynglen närmar sig den tid då de är redo att migrera ut till havet genomgår de en process av fysiologiska förändringar som gör att de kan överleva ett skifte från sötvatten till saltvattenmiljöer. Vid denna tidpunkt kallas dessa unga laxar smolt. Smolten kan tillbringa en tid i flodmyrningar och bräckta vatten medan deras kroppskemi anpassar sig till högre saltnivåer. Vi brukar även inom odlad fisk till mat prata om smolt och postsmolt (olika storlekar).

Foto: Anders Kiessling

För detta byggde man så kallade kompensationsodlingar vid många av de utbyggda vattendragen. Man kan beskriva detta som ett av världens största så kallade "put and take"-fiske, det vill säga utsättning av fisk för att förbättra senare fiske.

Kunskapsläge och teknik var i mångt och mycket baserad på egna erfarenheter och därför bildade kraftbolagen laxforskningsinstitut för att effektivisera uppfödningen och själva utsättningen såväl tekniskt som biologiskt. Institutet, som först placerades i Jämtland flyttades ganska snart till Älvkarleby och kom att attraherade många forskare och blev snart ett av de ledande forskningscentren i frågor som rörde uppfödning av laxsmolt odlade i genomflödessystem i tråg och dammar. Under 1970-talet föddes mer lax upp i Sverige än i Norge, även om uppfödningen i Sverige bara var för utsättning. När Norge utvecklade systemet för uppfödning i fritt hängande kassar kopierade de det svenska systemet för reproduktion och uppfödning av lax till smolt. Man var därför inledningsvis beroende av import från Sverige av liten Östersjölax som sättfisk (som smolt) till såväl sina kassodlingar i Atlanten som för utsättning i älvarna för att stärka de vilda bestånden.



Bild 18. Ett tydligt exempel på hur en kraftverksdam kan utgöra ett totalt vandringshinder för lax som skall återvända från sina födoplasters ute i havet till sina lekplatser för att föda nästa generation laxfiskar. Exemplet ovan är taget från Nordamerika, men kunde lika gärna vara från vilken plats som helst på norra halvklotet, där det finns laxfisk och möjligheter till kraftverk. För att kompensera för detta fångas den återvändande fisken nedströms dammen och man reproducerar ny lax genom befruktning och uppfödning till smolt i fångenskap. Smolten återförs sen till älven, så kallad kompensations- odling/utsättning. Sverige, Finland, Kanada och USA är de med största kompensationsprogram för just laxfisk som Sverige haft utvecklade samarbeten med, men det finns liknande program, men i olika skala, i princip i alla länder med kraftverk. I Sverige har vi sällan lika dramatiska dammar på grund av ett ganska långsträckt avstånd mellan fjällen och havet, något som också gjort att vattenkraften blivit betydligt enklare att bygga ut i Sverige än i många andra länder. Inte desto mindre kan ett kraftverk vara ett totalt vandringshinder också i Sverige vilket exemplifieras i bilden nedan från Södra Jämtland

Foto: Anders Kiessling





Bild 19. Bilden överst till vänster visar en typisk tråghall för kompensationsutsättning i ett genomflödessystem, här på Gutturps försöksstation, Åland. Gutturps byggdes senare om till ett RAS då sötvattenstillgången på Åland är mycket begränsad. Detta har genom anläggningens låga fisktäthet visat sig fungera väl. Nedan ser vi en kläckback för laxfisk. Observera de uppstickande piggarna som ersätter ynglets naturliga stöd på en ojämn stenbotten. Utan detta stöd riskerar ynglen energibrist då de hela tiden måste simma för att hålla balansen. Detta är ett bra exempel på teknik som togs fram av det svenska Laxforskningsinstitutet i Älvkarleby på 1960 och -70 talet. Till höger ser vi just rom från vild lax efter befruktning på SLUs kompensationsodling i Älvkarleby.

Foto: Anders Kiessling

Den moderna uppfödningen växer fram

Trots att den norska matfiskuppfödningen hade sin bas i Sveriges kompensationsodling skedde inte samma utveckling i Sverige som i Norge. Oavsett det såg man i Sverige att det fanns möjligheter att minska Sveriges beroende av importerad fisk genom en ökad akvakultur. Från Norge kunde man också se att akvakultur var en näring som både kunde generera vinster samtidigt som det gynnade landsbygden med såväl arbetstillfällen som ett levande samhälle. Samma positiva samhällseffekter som blev uppenbara i Norge rapporterades också från Åland. Detta gjorde att både odlare och myndigheter visade ett stort intresse för en ökad akvakultur i Sverige och under slutet av 1980-talet och i början av 1990-talet utfärdades många odlingstillstånd för matfisk. Det började sedan rapporteras om övergödning i en del av våra inlands- och kustvatten där näring i form av fosfor och kväve samlades i skadliga nivåer. Problemet med övergödning består med andra ord inte av näringsämnen i sig, som är en helt nödvändig förutsättning för allt liv på jorden, utan när koncentrationerna av dessa ämnen blir för höga.

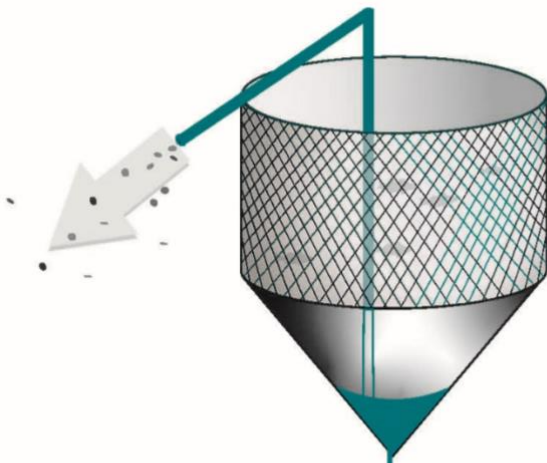
Akvakulturen fick bära ett relativt stort ansvar för denna utveckling, även om industrin totalt sett bara bidrog med någon procent av det totala utsläppet av näring från svensk livsmedelsproduktion. Dock kunde lokala övergödningssproblem direkt under och alldeles nära (inom några hundra meter) bli betydande av en uppfödning med en olämplig lokalisering. Detta genom att en större mängd organiskt material kan ackumulera i sedimentet under odlingen och orsaka lokal syrebrist med en död bottenyta som följd. Samma kausalitet (orsakssamband) är inte lika tydligt mellan t.ex. jordbruket och övergödning, där utsläppskällorna är mer diffusa till sin karaktär. Som svar på detta kom uppfödning av fisk att omfattas av krav på rigorösa miljöbedömningar, att jämföra med de krav som ställdes på t.ex. en gruva eller ett raffinaderi trots att det här rör sig om ett rent naturgödsel utan de andra föroreningar som vi kan finna i de ovan nämnda exemplen eller i avloppet från t.ex. kommunala reningsverk.

Idag vet vi från senare studier⁴⁵ att naturen själv tar hand om alla spår från en fiskuppfödning i en öppen kassodling inom några månader till tiotals år, inklusive återkolonisering av den döda ytan. Tiden för detta är beroende av omständigheterna i det enskilda fallet, som vattenombytet, temperatur och bottenfaunan. Dock måste även den längre tidsrymden om tiotals år anses vara relativt kort i jämförelse med ”rewilding” efter annan mänsklig påverkan.

För att minska problemet med för stor sedimentansamling, samtidigt som man bryter eventuella smittkedjor har man i Norge sedan många år tillämpat rotation mellan olika uppfödningsslokaler, något som man nyligen också börjat tillämpas i Sverige där detta är möjligt. Vid rotation kan ofta bottenens naturliga ekosystem tillgodogöra sig ämnen från uppfödningen och ämnena från uppfödningen byggs då inte upp i nivåer som är skadliga för det omgivande ekosystemet utan kan istället bli en resurs för det omgivande systemet. Utöver rotation mellan odlingslokaliteter ser man nu på så kallade semislutna system med möjlighet att återta gödsel även från öppna kassar. Den absolut enklaste formen har under ett antal år testats i såväl Norge som Sverige. I Sverige har utvecklingen skett i samarbete mellan forskare på SLU, Vattudalens Fisk och kasstillverkaren Egersunds Group, Norge inom projektet ”Miljökassen”⁴⁶. ”Miljökassen” består av en enkel uppfångningstratt i botten av kassen ansluten till en mammutpump, en fiskavskiljare och en reningsanläggning på land eller på en flotte, beroende på avståndet till land. En stor fördel med detta system är att man också får en kontinuerlig registrering och borttagning av eventuellt döda fiskar, liksom det möjliggör en kontroll av spillfoder. Något som kan bli ett bra hjälpmedel för odlaren att förbättra sin ekonomi, då fodret utgör en av odlarens enskilt största kostnader och kvarlämnade döda fiskar kan utgöra en direkt smittorisk för de friska fiskarna. Dessa tekniker är ännu på teststadiet för våra grundare vatten, men för odlingslägen längs den Norska Atlantkusten, med betydligt större vattendjup finns idag en första prototyp på marknaden. Såväl norska, som svenska och åländska närings- och myndighetsintressen ser att tekniken har möjligheten att lösa delar av kassodlingens utmaningar. Detta är något som delas av EUs forskningsprogram ”Horizon Europe”

⁴⁵ Undersökning av näringsämnen i sediment under fiskodlingslokaler i Höga Kusten. 2021. Huser B., Carlberg H. & Futter M. SLU, Vatten och miljö: Rapport 2021:7. Studier pågår även i Siljan, Övre Fryken, Vattviken med flera där rapporter är att vänta snart.

⁴⁶ <https://www.slu.se/fakulteter/vh/forskning/forskningsprojekt/vilt-och-fisk/miljokassen/>



Figur 2. En schematisk skiss av "Miljökassen" där gödselpartiklar, foderrester och "död" fisk samlas upp flera gånger om dagen. Systemet ger möjligheten att återta det fasta gödslet som växtnäring, styra utfodringen för mindre spill och bättre ekonomi för odlaren, samt destruera dödfisk innan den kan orsaka hygienproblem i odlingen.

Bilden publicerades ursprungligen i Kiessling och Futter, 2023 Fiskodling i norr; en livsmedelsproduktion med miljöpotential. SLU HUV rapportserie 309, 2023. <https://pub.epsilon.slu.se/31084/19/kiessling-a-et-al-20230630.pdf>

Illustrationen är gjord av Ulrika Jansson Klintberg, efter bild av A.Kiessling

motståndskraft mot olika sjukdomar och parasiter som idag behandlas med kemiska preparat⁴⁹. Det är bakterierna i fisken/insekten/maskens tarm som producerar dessa ämnen. I Aquaphonix ingår en fortsättning på ett nordiskt samarbete för att se om inte svensk, norsk och åländsk fiskodling kan bistå vårt jordbruk med ett naturgödsel som motsvarar i volym av näringsämnen dagens import av konstgödsel till Sverige⁵⁰ och samtidigt minska behovet av bekämpningsmedel. Svenska forskare har här en viktig roll. I projektet Aquaphoenix är såväl utrustningsföretaget Framo som Ragn-Sells ledande industripartners, båda med direkta kopplingar till svenskt näringsliv. Ragn-Sells genom det svenska moderbolaget och att det svenska jordbruket är en primär marknad för fiskens gödsel och för Framo, som är utrustningsleverantör i projektet, genom att vara en del av AlfaLaval Marina system sen 2014.

där man nu satsar på ett stort projekt som heter Aquaphoenix⁴⁷ baserad på denna teknik. Detta som ett led i strävan mot matproduktion inom säkra ekologiska och regionala kväve- och fosforgränser. Inom projektet kommer dels effekten på en hel fjord testas i Norge, dels en fortsatt anpassning till våra grundare vatten genom vidareutveckling av den svensk/norska prototypen, men nu på Åland, samt teoretiska beräkningar av möjlig effekt för kassodlingar i medelhavet. En ytterligare möjlighet, och som det nu forskas mycket på⁴⁸ är möjligheten att återföra fiskens gödsel som växtnäring. Fiskens gödsel, liksom den från insekter och maskar innehåller för växten bioaktiva substanser som både tycks stimulera växtens utveckling av rötter och ge en ökad

⁴⁷ Projekt är ett led inom EUs "Green Europel". Målet med EUs satsning är att kunna "Demonstrerar hur regioner kan verka inom säkert ekologiska och regionala kväve- och fosforgränser". Call: HORIZON-CL6-2024-ZEROPOLLUTION-01, Project: 101182028 — AQUAPHOENIX

⁴⁸ Se t.ex. Professor Jean Yong, SLU Alnarp. <https://www.slu.se/en/ew-cv/jean-w.h-yong/>.

⁴⁹ Growing together gives more rice and aquatic food. Liu et al. eLife 2022;11:e77202. DOI: <https://doi.org/10.7554/eLife.77202>

Using aquatic animals as partners to increase yield and maintain soil nitrogen in the paddy ecosystems, <https://doi.org/10.7554/eLife.73869>

⁵⁰ <https://newsroom.ragnsells.se/posts/pressreleases/ny-rapport-norges-fiskbajs-kan-bli-el-for-600>

3.2.3 Dagens akvakultur

Akvakultur i sötvatten

I dag finns akvakultur i hela Sverige där uppfödning i kassar i våra kraftverksvattenmagasin dominerar med över 95 procent av den producerade volymen⁵¹. I tillägg finns det i Sverige flera uppfödningar av sättfiskar i landbaserade tråg/damm-system med genomflöde. Dock minskar andelen uppfödningar i dammar till förmån för uppfödningar i tråg, eftersom dessa ger ökad kontroll över uppfödningen och bättre arbetsmiljö om de placeras inomhus.

I Sverige finns i dag bara ett fåtal mindre uppfödningar i RAS som är i drift. I dessa föds det dels upp arter som regnbåge, abborre, gös, stör, dels varmvattenfiskar som tilapia och afrikans mal (*Claria*). Flera av dessa odlingar är en del av ett traditionellt jordbruk, Gårdsfisk och Vadstena fisk är bra exempel på just detta. Det är även några större RAS-anläggningar för uppfödning av lax, regnbåge och röding planerade eller i projekteringsstadiet. Dessa är i första hand lokaliserade till landets södra hälft, men projekt pågår också i norra Sverige. Dock tycks de i nuläget ha uttalade svårigheter att få tillräcklig finansiering eller i vissa fall tillstånd. En större RAS odling kan kräva initiala bygg och startkostnader upp emot en miljard sek.

Akvakultur i Östersjön

I Bottniska viken bedrivs akvakultur i form av fiskuppfödning nära kusten, där området runt Höga kusten har dominerat, men här har man tvingats avveckla all större odling under år 2020. Idag är fiskuppfödning på den svenska sidan begränsat till en mellanstor och några mindre kassodlingar belägna från Piteå i norr till Blekinge i söder. Vi ser också att det börjar etableras uppfödning och odling av filtrerande arter och då främst blåmussla som en potentiell näring i södra östersjön även om tonnagen ännu är låga i jämförelse med den produktion av matmusslor som sker på västkusten. Odling av makroalger är också intressant men befinner sig ännu på forskningsstadiet för Östersjön.

Östersjön domineras annars i nuläget av Finlands akvakultur med kassodling av regnbåge både längs fastlandskusten och runt Åland. En stor del av den svenska produktionen (ca 80–85 procent åren 2019-2021) av regnbåge rensas och förädlas på Åland och säljs då på bland annat den finska marknaden. Men det pågår ett arbete med att öka kapaciteten att kunna slakta och förädla en större andel i Sverige. Den röding som odlas i Sverige säljs däremot till stor del på den svenska marknaden (ca 60–70 procent åren 2019-2021), men en mindre andel exporteras.

Som nämnts ovan kan det utifrån den nuvarande övergödningsproblematiken, i vissa vattenområden framförallt i delar av södra Östersjön, Finska viken och Rigabukten, vara aktuellt med miljömotiverad uppfödning och odling av filtrerande arter, som musslor och makroalger. Ett exempel på det är den musselodling som finns i St Annas skärgård, men det både planeras och anläggs nya små- och storskaliga uppfödningar och odlingar i Stockholms och Gryts skärgård av

⁵¹ Produktionstyp i andel av svenskt vattenbruk: I bassäng 0,66%, i kasse 98,95%, i RAS 0,4%, i grävd dam. ? (uppgift saknas men bedöms som mycket låg). Källa [Anläggningar för odling av matfisk, matkräfta och sättfisk efter Anläggning, Variabel, Typ av fisk och År. PxWeb, SJV \(sju.se\)](#). SJV statistik för vattenbruk 2021 (tabell 5).

blåmussla. Det finns även långtgående planer för uppfödningar och odlingar i Blekinge, där man redan har startat en testodling norr om Karlskrona.

Omatad akvakultur har en positiv inverkan på näringshalten i vattnet, men dessa uppfödningar och odlingar fungerar också som yngelplatser för vild fisk samt som populationsstöd för vilda musslor, genom att det är de vilda musslornas larver som sätter sig på musseluppfödningarna och under uppfödningen leker och släpper ut nya yngel, som sen i sin tur förstärker de vilda bestånden. En ytterligare positiv effekt med en musseluppfödning är att den tar upp partiklar som annars grumlar vattnet och minskar siktdjup och därmed minskar nedträngning av solljus, nödvändigt för den vilda tången.



Bild 20. Bilden visar en nedsänkt musselodling utanför Dalarö i Stockholms södra skärgård. Notera avsaknaden av ytbojar jämfört med bild 11a som visar en traditionell musselodling från Västkusten. Tekniken med nedsänkt odling är framtagen av Ecopelag EF genom en anpassning från Nya Zeeländsk teknik. Närmare detaljer visas i bild 21.

Foto: Anders Kiessling



Bild 21. Bilderna visar från topp vänster en ekolodbild av den nedsänkta bärlinan med odlingsrepen hängande ner som girlanger från bärlinan på 3 meters till 12 meters djup. Till höger topp ser vi samma lina, men nu upphissad till ytan och hur odlingsbandet är fastknutet i bärlinan. Mellanbilden till höger visar en närbild på det julgirllangliknande odlingsbandet/repet, som är framtaget av Ecopelag EF med stöd av EUs Östersjöfond, baserat på Nyazeeländsk teknik. Mellanbilden till vänster visar ett musselyngel som nyligen fäst på odlingsbandet. Ynglet här har redan ökat sin storlek rejält sedan det fäste på bandet. Bilden nedan visar de produkter som Ecopelag tillverkar av Östersjömusslan. Till vänster ser vi hela frystorkade musslor som hundgodis. Därefter ser vi mald frystorkad mussla som kosttillskott till hund och katt. Näst längst till höger ser vi skalfraktionen som nu testas inom BSR projektet "Baltic Muppet" som mineralingrediens i naturbaserat trädgårdsgödsel. Skalen har en utöver ett bra mineral innehåll också en stor buffrande kapacitet för sura jordar. Längst till höger ser vi ett helmusselmjöl från torkad mussla. Det testas nu som foderingrediens till både odlad fisk och eko höna tillsammans med dansk och svensk foderindustri inom projekt Framtidens Foder för Fågel, Fisk och Fläsk, med stöd av Vinnova och Svenskt näringsliv. Projektet är en uppföljning på 5 Ton Grön Fisk i Disk (se SLU och Axfoundations hemsidor för mer information). Målet är att också få livsmedels kontrollerade områden även i Östersjön så dessa musslor också kan bli mat.

Foto: Anders Kiessling

Akvakultur på västkusten

I Västerhavet har det länge funnits uppfödning av främst blåmusslor för konsumtion men här finns också en begynnande odling av både makro- och mikroalger⁵², samt uppfödning av ostron och sjöpungar. På västkusten, liksom längs den svenska Östersjökusten finns inga större anläggningar för det matade akvakulturen i öppna genomflödessystem. Detta motiveras både av problem med övergödning, konkurrens med det rörliga friluftslivet och smittskyddsaspekter eftersom i princip alla kända sjukdomar hos fisk finns naturligt i den marina miljön.

Däremot finns flera stora projekt avseende uppfödning av fisk i såväl landbaserade som vattenbaserade slutna produktionssystem. De vattenbaserade är ännu i teststadiet, medan det finns flera större landbaserade anläggningar som är i projekteringsstadier (se även ovan).



Bild 22. Bilderna visar på odlingsförsök på Kristinebergs Marinbiologiska station för nya odlingsarter som drivs av Göteborgs Universitet. Överst ser vi sjögurka och nederst en svensk hummer. Sjögurka är en delikatess inom det Japanska köket som sushi och hummer behöver nog ingen ytterligare presentation än att den utgör en av havets absoluta delikatesser.

Foto: Anders Kiessling

⁵² Havsplaner för Bottniska viken, Östersjön och Västerhavet, Statlig planering i territorialhav och ekonomisk zon 2022, s. 224.

4. Den svenska akvakulturbranschen

4.1 Akvakulturproduktionen i Sverige

Produktionen inom svensk akvakultur har varierat över tid och likaså antalet företag och anläggningar.

Den officiella statistik som finns i Sverige är begränsad och baseras på enkäter som årligen skickas ut till företag⁵³. Enligt Jordbruksverket har resultaten både systematiska och slumpmässiga osäkerheter. Rådet till statistikanvändarna är därför att tolka förändringar mellan enstaka år med försiktighet. Fokus bör ligga på den långsiktiga utvecklingen. Tillförlitligheten bedöms ändå sammantaget vara relativt god.

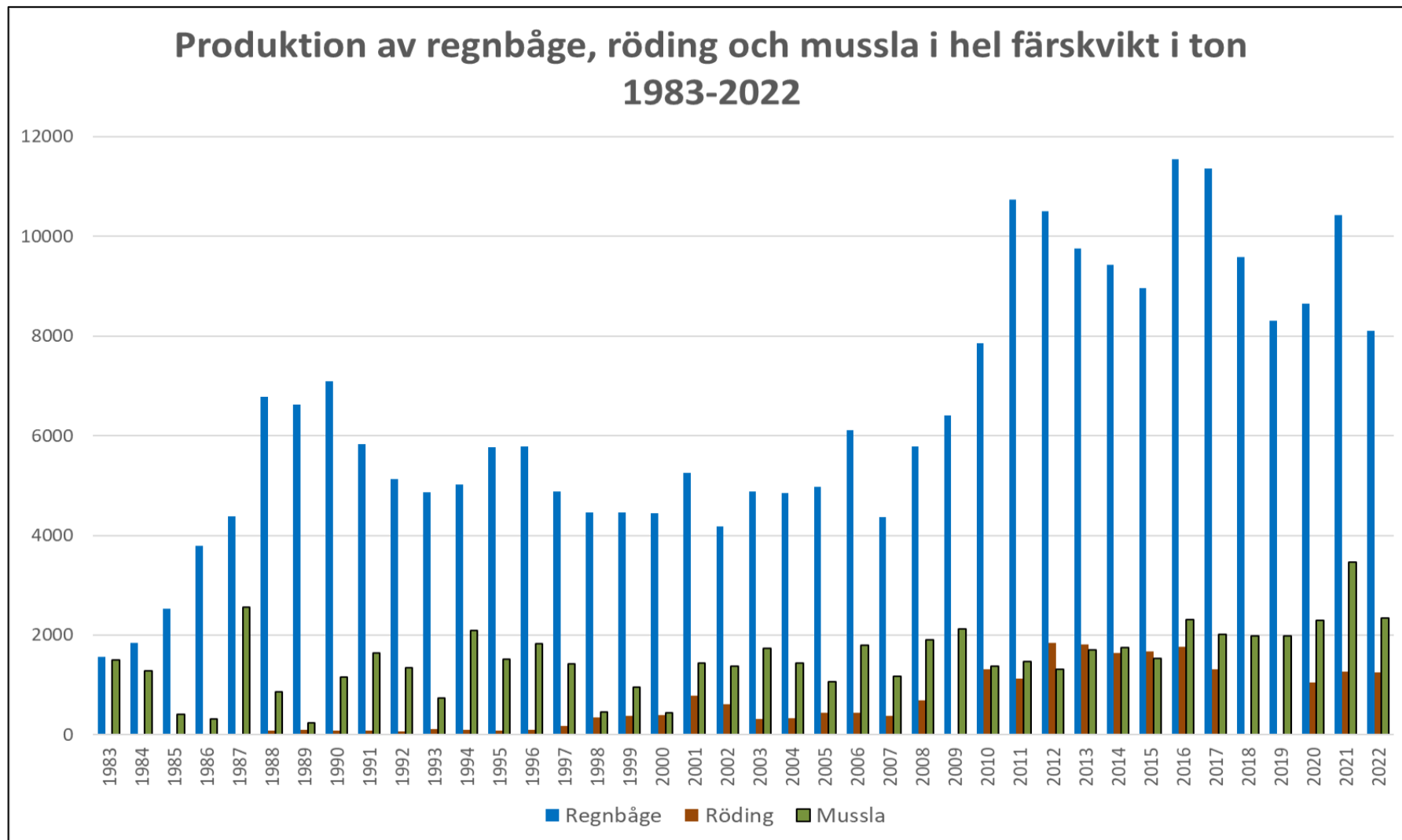
Produktionen inom svensk akvakultur 2022 minskade kraftigt jämfört med året innan. Den totala produktionen av matfisk och sättfisk skattas till knappt 10 400 ton, vilket innebär en minskning med 18 procent sedan 2021. Produktionen är nu tillbaka på ungefär samma nivåer som åren 2019-2020.

Produktionen av matfisk skattas till 9 500 ton i beräknad hel färskvikt, vilket motsvarar en minskning med 20 procent eller 2 300 ton sedan året innan. Regnbåge står fortsatt för största andelen av matfiskproduktionen och uppgår till 8 100 ton, vilket motsvarar ungefär 85 procent av den totala matfiskproduktionen. Efter regnbåge är röding den vanligast matfisken, därefter kommer ål samt övrig matfisk (lax och öring etc.). Produktion av musslor (som hör till blötdjur och inte ingår i matfisken) uppgår till drygt 2 300 ton.

Den totala sättfiskproduktionen skattas till drygt 850 ton, vilket innebär en knapp minskning med tio ton sedan föregående år. Precis som för matfiskproduktionen är det regnbåge som är den vanligaste arten. Regnbåge står för ungefär 55 procent av den totala produktionen av sättfisk⁵⁴.

⁵³ Den första kontakten med uppgiftslämnarna sker genom utsändning av ett missiv (följebrev) och som på senare år har innehållit inloggningsuppgifter till undersökningen på SCB:s webbplats. I undersökningen ingår även att göra påminnelser postalt, via e-post och telefon.

⁵⁴ Källa: [Vattenbruk 2022 - Jordbruksverket.se](https://www.jordbruksverket.se/vattenbruk/2022)



Figur 3 Akvakulturproduktionen för regnbåge, röding och mussla för perioden 1983– 2021 i färskvikt på heldjur (Vattenbruk 2022 - Jordbruksverket.se)



Bild 23. Bilden visar några fantastiska svenska kassodlade matprodukter från Dalarna (Älvdalen) och projektet 5 Ton Grön Fisk i Disk (se SLUs och Axfoundations hemsidor om produktion av svensk fisk baserat på lokalt och kretsloppsbaseerat foder). Både den hela fisken och filen är varmrökta med al och enris i det egna rökeriet. Regnbågsrommen är efter ett eget framtaget recept och räknas till en kaviar i absolut världsklass, som återfinns på våra absolut bästa och högst rankade Michelinkrogar i Stockholm. För mer information om recept med mera besök gärna Älvdalslax hemsida.

Foto: Anders Kiessling

Även antalet anläggningar finns att ta del av i Jordbruksverkets statistikdatabas. Statistiken avser inte antalet unika anläggningar eftersom en anläggning kan producera flera arter. En anläggning räknas som aktiv om det förekommit produktion till försäljning under referensåret. Statistiken indikerar dock att antalet anläggningar har minskat över tid under åren 2000–2021. Antalet matfiskanläggningar för regnbåge var 121 år 2000 och endast 39 år 2021. För röding var antalet matfiskanläggningar 18 år 2000 och 10 år 2021. Även antalet anläggningar för sättfisk av både regnbåge och röding har minskat under perioden.

För musslor fanns det 10 anläggningar år 2000 och 26 år 2021. För ostron fanns det en anläggning år 2000 och två år 2021. Ny statistik för år 2022 visar att antalet anläggningar för matfiskproduktion har ökat med åtta anläggningar jämfört med 2021 men att antalet anläggningar för sättfiskproduktion har minskat med elva anläggningar under år 2022 jämfört med 2021. År 2022 fanns 30 matfiskanläggningar för regnbåge och åtta anläggningar med röding. Noteras bör att flest anläggningar för regnbåge fanns år 2001 med 128 anläggningar och mint under 2022 med 30 anläggningar. När det gäller sättfiskanläggningar för regnbåge fanns det 33 anläggningar år 2022, en minskning med tio anläggningar sedan året innan. Sedan finns det 30 sättfiskanläggningar som odlar öring och nio anläggningar som har en produktion av röding.

Statistiken både avseende produktion som antalet anläggningar bör dock tolkas med stor försiktighet. Hur statistiken tas fram och dess metod och kvalitet redogörs för i de årliga statistiksammanställningarna som återfinns i Jordbruksverkets statistikdatabas⁵⁵.

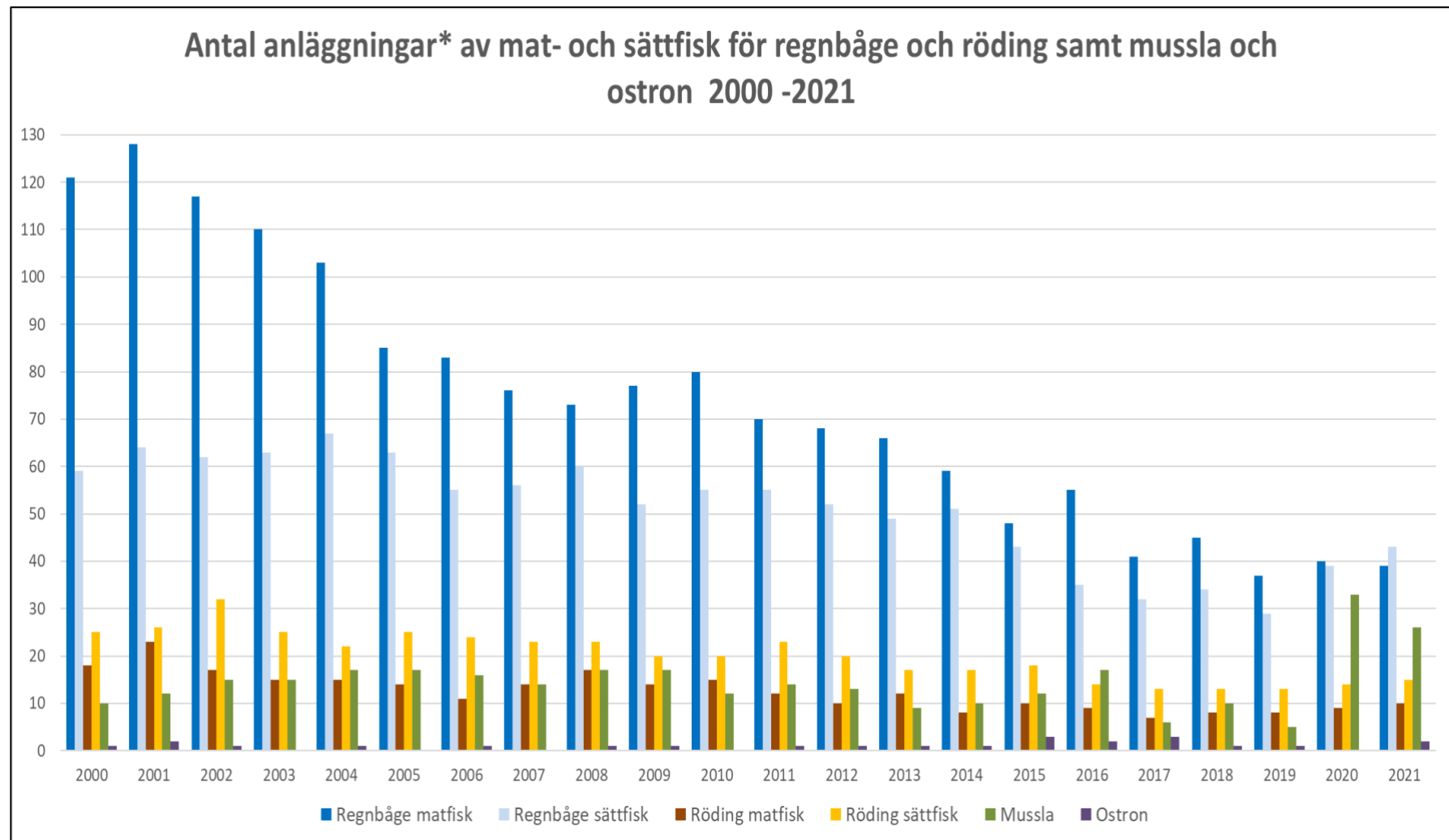


Bild 24. Bilden visar svenskodlad abborre från ett EU innovationsprojekt (Abbrös), som odlades i semislutna preseningskassar. Tyvärr var den tekniken aldeles för känslig för strömmar, som tryckte ihop kassarna. Abborrarna har nu flyttat upp på land i RAS placerade i ombyggda grisstallar och som en del av gårdens övriga jordbruk på Vadstena fisk.

Foto Anders Kiessling

⁵⁵ Jordbruksverkets webbplats:

https://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas_Vattenbruk_Produktion/JO1201A02.px/table/tableViewLayout1/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625.



Figur 4 Antalet anläggningar av mat- och sättfisk för regnbåge och röding samt mussla och ostron för perioden 2000–2021. ([Vattenbruk 2022 - Jordbruksverket.se](https://vattenbruk2022.jordbruksverket.se))* Tabellen avser inte antal unika anläggningar eftersom en anläggning kan producera flera arter.

4.2 Akvakulturorganisationer i Sverige och produktionsvolymerna inom dessa

Matfiskodlarna Sverige AB (Matfiskodlarna, MFO), De Recirkulerande Vattenbrukarna Sverige Ekonomisk Förening PO (Recirkfisk) och Svenskt vattenbruk och sjömat Ekonomiska Förening (SVoS) är tre organisationer som aktivt verkar för svenska akvakulturföretag. Det finns akvakulturföretag som idag inte är anslutna till någon av dessa organisationer, hur många sådana företag det finns saknas det uppgifter om. Dock går det inte från vattenbruksregistret att sortera fram vilka som odlar röding och regnbåge för utsättning i naturvatten bara eller en kombination eller bara sättfisk till matfisk (konsumtion). MFO företag odlar framförallt till konsumtion även om en mindre volym fisk kan säljas av "good will" till fiskevårdsområden för utsättning i naturvatten.

4.2.1 Matfiskodlarna

Matfiskodlarna är en branschorganisation för svenska fiskuppfödare⁵⁶. Medlemsföretagen är lokaliserade i 9 län och 27 kommuner och har tillsammans ca 35 olika uppfödningssystem som består av både kassodlingar och landbaserade anläggningar. Produktionen hos medlemsföretagen omfattar både anläggningar för avel, kläckeri, yngel, sättfisk, matfisk, slakteri och förädling. Fram till år 2022 har företagen tillsammans haft tillstånd enligt miljölagstiftningen för en årlig användning av totalt ca 22 000 ton foder per år, vilket översiktligt beräknat motsvarar ca 65–75 miljoner fiskportioner per år, om tillstånden skulle nyttjas maximalt.

Utifrån omsättningen år 2021, på bolagsnivå, definieras två av företagen som stora och övriga som små⁵⁷. Antalet anställda för år 2021 var mellan ca 3–27 per företag. Produktionsvolymen för röding och regnbåge, för Matfiskodlarnas medlemsföretag, var för 2021 ca 8 457,5 ton. Där regnbågen står för den större produktionsvolymen, ca 85 procent.

4.2.2 Recirkfisk

Recirkfisk är en producentorganisation för akvakultur med fokus på uppfödning eller odling i recirkulerande akvakultursystem⁵⁸. Sju företag är för närvarande medlemmar i organisationen och företagen är lokaliserade i 6 län och 7 kommuner.

Utifrån omsättningen år 2021, på bolagsnivå, definieras alla företagen som små företag. Antalet anställda för år 2021 var i ca 1–6 personer per företag. Produktionsvolymen för Recirkfisk medlemsföretag var för år 2021 ca 150 ton totalt, huvudsakligen regnbåge (42 ton), röding (21 ton), ål (80 ton) och storkaviar.

⁵⁶ www.matfiskodlarna.se.

⁵⁷ Små företag har höst 49 anställda eller lägre omsättning än 100 Mkr.

⁵⁸ RECIRKFISK PO – De Recirkulerande Vattenbrukarna Sverige Ekonomisk Förening Producent Organisation.

Det produceras även mindre volymer av sättfisk såsom öring, gös, abborre, lax och gädda.

4.2.3 SVoS

SVoS är en branschförening för de företag som föder upp, odlar eller skördar vilda musslor, ostron, alger och andra marina råvaror i havet eller på land⁵⁹. Företagen är lokaliserade i ett län (bestående av två Västra Götalands och Hallands regioner) och 7 kommuner. Även företag som processar och förädlar dessa råvaror ingår i föreningen samt de som förmedlar kunskap i form av evenemang och likande. Av medlemsföretagen är framför allt 8 företag som föder upp eller odlar akvakulturorganismer. 3 företag skördar vilda bestånd och lika många processar och förädlar produkter.

Utifrån omsättningen år 2021 definieras alla företagen som små. Antalet anställda för år 2021 var mellan 0–23 per bolag. När det gäller produktionsvolymer inom SVoS medlemsföretag för år 2021 uppgick produktionen av musslor till ca 3 100 ton, ostron till ca 39 300 st, sjöpungrar till ca 22 200 kg och alger till ca 65 ton.

4.3 Organismer som föds upp och odlas i Sverige idag

Bland medlemsföretagen i de ovan nämnda akvakulturorganisationerna produceras, som angetts ovan, bl.a. regnbåge, röding, ål, stör (kaviar) och öring. Värt att nämna är att andra arter, t.ex. Niltilapia⁶⁰ samt Afrikansk ålmal⁶¹, kan produceras hos företag som inte är medlemmar i någon av akvakulturorganisationerna. Hos en del av medlemsföretagen sker endast slakt (hel slaktad), hos andra sker även exempelvis filetering. Även förädlingsgraden varierar mellan företagen. Hos en del av företagen sker förädling som exempelvis gravning hos medlemsföretagen medan för andra sker detta hos kund. Nedan beskrivs de arter som är vanligast förekommande hos medlemsföretagen i dag.

4.3.1 Regnbåge

Regnbåge, som är en öring från Nordamerikas västkust, är den vanligast förekommande fiskarten inom svensk akvakultur. Det finns svårigheter i att hitta relevant statistik för importerad och exporterad regnbåge. Det är framför allt separationen av export och import som är osäker. Fisk kan odlas i Sverige, exporteras till exempelvis Finland för filetering, gravning och/eller rökning och sedan säljas i butiker i t.ex. Sverige. Men det förekommer att hela processen också sker i Sverige. Samtidigt kan norsk lax köpas in och processas i Sverige (rökning/gravning) som sedan säljas i Sverige och/eller exporteras.

För Matfiskodlarnas medlemsföretag har marknaden för regnbåge varierat under åren, men för åren 2019–2022 såldes ca 15 procent av den producerade regnbågen

⁵⁹ Svenskt vattenbruk och sjömat (vattenbrukochsjomat.se).

⁶⁰ Även benämnd Rödstrimma.

⁶¹ Även benämnd clarias eller kattfisk

på den svenska marknaden. För Recirkfisks medlemsföretag såldes den producerade regnbågen framför allt på den svenska marknaden, även om viss export skedde.

De försäljningskanaler som idag används för regnbåge är flera, och de varierar mellan företagen och över tid. Största volymerna idag säljs till restaurang- och detaljhandelsgrossister framför allt som helfisk och filé (både fryst och färsk). Mindre volymer säljs till saluhallar, fiskauktioner samt i egen butiksförsäljning. Försäljning sker även till förädlingsföretag som gravar, röker etc. Små volymer säljs till sportfiskeklubbar och fiskevårdsområden för utsättning i naturvatten.

4.3.2 Röding

Även för röding finns det svårigheter att hitta relevant statistik avseende import och export. För Matfiskodlarnas medlemsföretag har också marknaden för röding varierat under åren, men för åren 2019–2022 såldes ca 60 procent av den producerade rödingen på den svenska marknaden. För Recirkfisk medlemsföretag såldes rödingen framför allt på den svenska marknaden.

De försäljningskanaler som i dag används för röding är flera, och de varierar mellan företagen och över tid. Största volymerna i dag säljs till restaurang- och detaljhandelsgrossister, framför allt som helfisk och filé (både fryst och färsk). Mindre volymer säljs till saluhallar, fiskauktioner samt i egen butiksförsäljning. Försäljning sker även till förädlingsföretag som gravar, röker etc. Små volymer säljs till sportfiskeklubbar och fiskevårdsområden för utsättning i naturvatten samt till Reko-ringar⁶².

4.3.3 Stör

I Sverige ”kramas” störar för att få ut kaviar medan störar i traditionella kaviarproducerande länder i huvudsak slaktas. I Sverige finns ingen marknad för kött och skinn. Kaviaren säljs framför allt till restauranggrossister och direkt till restauranger i Sverige. Mindre försäljning sker på internet direkt till konsument.

4.3.4 Ål

Uppfödning av ål sker främst för utsättning och baseras på vildfångade yngel, så kallad glasål. Mindre ålar (huvudsakligen hanar) exporteras till Holland där de röks och säljs som vacuum packade medan större ålar (huvudsakligen honor) sätts ut i svenska insjövatten.

4.3.5 Öring

Öring (här avses den öring som förekommer naturligt i Sverige) föds upp och säljs till sportfiskeklubbar och fiskevårdsområden för utsättning i naturvatten. Denna produktionsvolym är mycket liten för medlemsföretagen.

⁶² REKO står för Rejäl Konsumtion och är ett sätt att handla lokalproducerad mat, utan mellanhänder. Konsumenter och producenter på en ort går samman och startar en REKO-ring där råvaror och produkter säljs direkt från producent till konsument.

4.3.6 Blåmusslor

Blåmusslor har sedan länge fötts upp i Sverige och kan förädlas till ett flertal olika produkter. Blåmusslor säljs i större volymer till grossister, restauranger och dagligvaruhandeln. En stor volym exporteras också. Blåmusslor säljs i mindre volymer till Reko-ringar och lokala fiskhandlare. En begynnande odling av så kallad ”miljömussla” odlas på Ostkusten och används idag i huvudsak till foder och kosttillskott till sällskapsdjur. Detta då vi ännu saknar vattenområden i Östersjön som har erhållit godkända kontrollprogram, vilket krävs för att få säljas som livsmedel. Det pågår idag en dialog mellan berörda myndigheter och näringen för att skapa nödvändiga kontrollprogram, så även Östersjömusslan kan bli livsmedel.

4.3.7 Ostron

I Sverige finns uppfödning av den inhemska ostronarten *Ostrea edulis*, det så kallade platta ostronet. Uppfödningen sker i öppna system och idag finns det två odlare som arbetar kommersiellt med att odla ostron. Det finns även fiskare som plockar ostron från befintliga ostronbankar.

Ostronarten *Magallana gigas* även kallad Stillehavsostron eller japanskt jätteostron har etablerat sig på Sveriges västkust sedan några år tillbaka. Den är för närvarande klassad som en invasiv art och får inte odlas i annat än triplod form, dvs. en form som inte kan föröka sig. Det finns i dag ingen kommersiell odling av *Magallana gigas* i Sverige. Dessa ostron plockas i de produktionsområden som finns för ostron och säljs i huvudsak till grossister som i sin tur säljer dessa vidare till fiskaffärer, restauranger, saluhallar och dagligvaruhandeln. Några företag har även egen butiksförsäljning och några säljer direkt till restauranger och fiskaffärer. Mindre volymer säljs via matkassar, internet och Reko-ringar.



Bild 25. Bilderna visar en av Sveriges första makro algodlingar belägen i Kosterreservatet, Bohuslän. Även makro algodlingar utmärks på samma sätt som musselodlingar med en gul prick..

Foto: Anders Kiessling

4.3.8 Alger, odlade och friplockade

Det finns flera olika sorters alger, där skillnad kan göras mellan mikro- och makroalger. Makroalger benämns även ibland som tång.

Sedan några år tillbaka odlas alger i Sverige för livsmedelskonsumtion och för att ingå vid tillverkning av olika produkter. De flesta odlingarna är små och odlar mest Sockertång (en stor grenad brunalg, *Saccharina latissima*).

Det förekommer även att alger plockas från fria bestånd och de levereras främst till olika restauranger. I fria bestånd finns en stor variation av både brun-, grön- och rödalger. Idag säljs en del av de odlade algerna på fiskauktion. Försäljningen av odlade alger är under uppbyggnad och i framtiden kan det bli aktuellt att en större andel säljs för industriell användning. Vissa företag har gjort produkter, som tångkaviar, tångknäcke, tångsalt, för att nämna några produkter som idag lanseras från svensk tång. Dessa säljs via webbsidor på internet, i dagligvaruhandeln, fiskaffärer och restauranger.



Bild 26. Bilderna visar Sveriges första och enda landbaserade ostron yngel odling, Ostrea på Koster. Vi ser på den mindre bilden odlingsbackar där ostron ynglen sätts ut för vidare odling när de är tillräckligt stora. Se även bild 14 och 15. Foto Anders Kiessling

4.4 Sysselsatta inom den svenska akvakulturbranschen

Antalet sysselsatta inom akvakultur i Sverige, enligt SJVs statistikdatabas⁶³, uppgår till ungefär 530 personer år 2021. Antalet sysselsatta inom akvakultur sjönk 2022 till 416 personer. Det innebär en minskning med 22 procent sedan året innan. Drygt hälften av de sysselsatta, 53 procent, är mellan 40 och 64 år. Statistiken visar också att flest antal personer är sysselsatta på företag som odlar fisk i kassar och att minst antal sysselsatta finns hos företag som odlar kräftdjur.

Av totala antalet sysselsatta är 76 procent män och 24 procent kvinnor. Flest sysselsatta finns på företag som föder upp fisk i kassar. Näst flest sysselsatta, 101 personer, återfinns på företag som föder upp fisk i tankar, bassänger och recirkulerande system. Vidare är 86 personer sysselsatta på företag som föder upp musslor eller ostron. 34 personer är sysselsatta på företag som föder upp fisk i dammar, även på företag med kläckeri- och yngelanläggningar finns 34 personer sysselsatta. 7 personer är verksamma inom segmentet kräftdjur. Av det totala antalet sysselsatta är ungefär en fjärdedel av de sysselsatta företagare/ägare vid den verksamhet de arbetar på. Nästan hälften av de sysselsatta, 46 procent, är mellan 40 och 64 år⁶⁴.

⁶³ Jordbruksverkets statistikdatabas - Jordbruksverket.se, År 2021

⁶⁴Källa: [Vattenbruk 2022 - Jordbruksverket.se](#)

5. Hållbar utveckling av akvakulturbranschen

I Fiske- och vattenbruksutredningen (N 2022:06) har man som uppdrag analyserat hur lagstiftningen kan underlätta och främja ökad hållbarhet och innovation inom akvakultur, till exempel avseende akvakulturens teknikutveckling och ökade diversifiering. Det för att klargöra vad som avses med hållbar utveckling och vad en hållbar utveckling av akvakulturbranschen kan innebära. Avsnittet inleds med en allmän beskrivning av vad som avses med hållbar utveckling, både ur ett globalt och ur ett nationellt perspektiv. Vi kommer avslutningsvis att gå in på frågor om hållbar utveckling av akvakulturbranschen.

5.1 Hållbar utveckling ur ett globalt perspektiv

Begreppet ”hållbar utveckling” lanserades i en FN-rapport 1987 av den så kallade Brundtlandkommissionen.⁶⁵ Brundtlandkommissionens definition av begreppet hållbar utveckling, vilket även är den allmänt vedertagna definitionen, är att det är en utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov. Man brukar ofta tala om tre dimensioner av hållbar utveckling; miljömässig, social och ekonomisk.

Vid Förenta nationernas toppmöte den 25 september 2015 antog medlemsstaterna resolutionen Agenda 2030 (agendan) för hållbar utveckling.⁶⁶ Agendan består av fyra beståndsdelar:

- politiska deklARATIONER,
- 17 mål och 169 delmål,
- medel för genomförande, och
- ett ramverk för översyn och uppföljning.⁶⁷

Sedan agendan antogs år 2015 är den och de globala målen för hållbar utveckling världens handlingsplan för hållbar utveckling. Agendan omfattar alla tre dimensioner av hållbarhet och målen i agendan är integrerade och odelbara, varför

⁶⁵ Brundtlandkommissionen, “Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future”, 1987.

⁶⁶ A/RES/70/1.

⁶⁷ Prop. 2019/20:188, s. 5.

inget mål kan uppnås på bekostnad av något annat. Att ingen ska lämnas utanför är en av agendans viktiga principer.⁶⁸ De globala målen är följande:

1. Avskaffa fattigdom i alla dess former överallt.
2. Avskaffa hunger, uppnå tryggad livsmedelsförsörjning och förbättrad nutrition samt främja ett hållbart jordbruk.
3. Säkerställa hälsosamma liv och främja välbefinnande för alla i alla åldrar.
4. Säkerställa en inkluderande och likvärdig utbildning av god kvalitet och främja livslångt lärande för alla.
5. Uppnå jämställdhet och alla kvinnors och flickors egenmakt.
6. Säkerställa tillgången till och en hållbar förvaltning av vatten och sanitet för alla.
7. Säkerställa tillgång till ekonomiskt överkomlig, tillförlitlig, hållbar och modern energi för alla.
8. Verka för varaktig, inkluderande och hållbar ekonomisk tillväxt, full och produktiv sysselsättning med anständiga arbetsvillkor för alla.
9. Bygga motståndskraftig infrastruktur, verka för en inkluderande och hållbar industrialisering samt främja innovation.
10. Minska ojämlikheten inom och mellan länder.
11. Göra städer och bosättningar inkluderande, säkra, motståndskraftiga och hållbara.
12. Säkerställa hållbara konsumtions- och produktionsmönster.
13. Vidta omedelbara åtgärder för att bekämpa klimatförändringarna och dess konsekvenser.
14. Bevara och nyttja haven och de marina resurserna på ett hållbart sätt för en hållbar utveckling.
15. Skydda, återställa och främja ett hållbart nyttjande av landbaserade ekosystem, främja ett hållbart brukande av skogar, bekämpa ökenspridning, hejda och vrida tillbaka markförstöringen samt hejda förlusten av biologisk mångfald.
16. Främja fredliga och inkluderande samhällen för hållbar utveckling, tillhandahålla tillgång till rättvisa för alla samt bygga upp effektiva, och inkluderande institutioner med ansvarsutkrävande på alla nivåer.
17. Stärka genomförandemedlen och återvitalisera det globala partnerskapet för hållbar utveckling.⁶⁹

Varje lands regering ska säkerställa att det finns nationella delmål med utgångspunkt i den globala ambitionsnivån, men med hänsyn tagen till nationella

⁶⁸ Prop. 2019/20:188, *Sveriges genomförande av Agenda 2030*.

⁶⁹ Prop. 2019/29:188, s. 5f.

förhållanden såsom kapacitet och utvecklingsnivå.⁷⁰ Flera av målen är av intresse för akvakulturens del. Följande mål kan särskilt nämnas.

Mål 2 - Avskaffa hunger, uppnå tryggad livsmedelsförsörjning och förbättrad nutrition samt främja ett hållbart jordbruk

Idag kommer mer än 80% av allt protein från terrestra jordbruket. Samtidigt representerar den akvatiska miljön ca 50% av jordens biologiska produktion. Det är därför av allt större vikt att vi utvecklar en hållbar akvakultur, baserat på akvatiska resurser om vi skall kunna svara upp mot detta mål och med en förväntad dubbling av det globala livsmedelsbehovet fram till 2050 (FAO)⁷¹.

När det gäller delmålen kan nämnas att delmål 2.3 avser att till år 2030 fördubbla småskaliga producenters produktivitet och intäkter vilket är relaterat till delmål 2.4 som avser hållbar livsmedelsproduktion och motståndskraftiga jordbruksmetoder som ökar produktiviteten och produktionen, som bidrar till att upprätthålla ekosystem, som stärker förmågan till anpassning till klimatförändringar, extrema väderförhållanden, torka, översvämning och andra katastrofer och som succesivt förbättrar mark- och jordkvaliteten. Dock har man här missat mark-, jord- och vatten kvalitet.

Mål 6 – Säkerställa tillgången till och en hållbar förvaltning av vatten och sanitet för alla

Här är det speciellt delmål 6.6. som är direkt relevant för akvakultur. Detta delmål avser skydda och återställ vattenrelaterade ekosystem. Enligt målet ska de vattenrelaterade ekosystemen, däribland berg, skogar, våtmarker, floder, akviferer och sjöar skyddas och återställas senast år 2020. Svenska inlandsvatten blir allt näringsfattigare, även om det inte ännu är ett problem i våra jordbruksbygder, där vi har stora deponier av näring sen 150 år av övergödning inom jordbruket och från undermåttliga reningsverk. Däremot i inlandsvatten som avvattnar skog och fjäll, och då speciellt i våra vattenmagasin, ser vi sen 30 år en mycket oroväckande nedgång i näringshalt. I princip är dessa vatten idag onaturligt oligotrofa (se även tidigare avsnitt och nedan) och idag undersöker forskarna om näring från den öppna fiskodlingen kan bidra till en viss återhämtning av dessa vatten. Vi vet att så är fallet i många våtmarker i forna Östeuropa, där biodiversiteten i våtmarker som i hundratals år fått näring från lokala fiskodlingar fortsatt är beroende av denna näring för att upprätthålla en hög biodiversitet (se även tidigare avsnitt för referenser)

Mål 9 – Bygga motståndskraftig infrastruktur, verka för en inkluderande och hållbar industrialisering samt främja innovation

Att investera i infrastrukturen och anpassa industrin för att göra dem hållbara, med effektivare resursanvändning och fler rena och miljövänliga tekniker och

⁷⁰ Paragraf 55 i Agendan, A/RES/70/1.

⁷¹ Se Field et al. 1998 och Duarte et al. 2009). Vidare så utgör den största delen av proteinet från hav av icke uthålligt fiske. Utöver det så är stora delar av akvakulturen beroende av landprotein för sitt foder. Samtidigt är mer än 1.5 miljard människor i låginkomstländer helt beroende av protein från antingen småskaligt fiske eller enkel extensiv akvakultur.

industriprocesser är alla viktiga sätt för att underlätta en hållbar utveckling. Detta har hög relevans för akvakultur. Den öppna kassodlingen är antagligen en av livsmedelssystemets mest resilienta produktionssystem då naturen står för vattentillförseln, gasutbytet och uppvärmningen (egentligen är det fisken som har anpassat sig till naturens temperaturer över olika säsonger). Däremot kommer det krävas betydande utveckling för att nå samma resiliens för den slutna odlingen som RAS⁷².

Mål 13 - Vidta omedelbara åtgärder för att bekämpa klimatförändringarna och dess konsekvenser

Enligt målet ska omedelbara åtgärder vidtas för att bekämpa klimatförändringarna och deras konsekvenser. Klimatmålet stödjer fattigdomsbekämpning och hållbar utveckling och kan ge positiva synergieffekter och förutsättningar för att kunna bemöta flera av de utmaningar världen står inför idag så som livsmedelstrygghet, rent vatten, hållbart nyttjande av naturresurser och ekosystem, mänsklig säkerhet, jämställdhet, hälsa och ekonomisk tillväxt. akvakultur har här en viktig roll att fylla i såväl tropiska som våra regioner. Som nämnts under föregående mål så är den svenska kassodlingen i våra vattenmagasin inte bara robust mot omvärldsstörningar utan också mycket klimatsmart då naturen bidrar med den mesta av energin. Som i all djurproduktion är fodret fortfarande akilleshälen, och svenska forskare, tillsammans med våra internationella kollegor ägnar alltmer fokus åt just fodret och hur vi kan skapa mer klimatvänliga, resilienta och lokalt baserade foder⁷³

Mål 14 – Bevara och nyttja haven och de marina resurserna på ett hållbart sätt för en hållbar utveckling

Akvakultur, som diskuterats ovan, är nära knutet till fisket, både på ett positivt och ett negativt sätt. Det positiva är att vi vet att akvakuulturens möjligheter att erbjuda ett alternativ till vildfångad fisk har gett hotade bestånd en välbehövlig avlastning. Samtidigt så består fortfarande såväl fisk, som fjäderfä och grisfoder till del av fiskprodukter. Detta i sin tur kan leda till överfiske och till ett sämre utnyttjande av våra fiskeresurser.

5.2 Hållbar utveckling ur ett nationellt perspektiv

Många av de centrala principerna i Agenda 2030 är formulerade som målsättningsstadganden i den svenska grundlagen.⁷⁴ Enligt 1 kap. 2 § tredje stycket

⁷² För mer information om svensk fiskodling i kraftversdammar se:

<https://publications.slu.se/?file=publ/show&id=122355>

<https://www.slu.se/fakulteter/vh/forskning/forskningsprojekt/vilt-och-fisk/fiskodling-i-norr---en-livsmedelsproduktion-med-miljopotential/>

⁷³ För mer information om foder se t.ex.

<https://www.slu.se/fakulteter/vh/forskning/forskningsprojekt/vilt-och-fisk/fem-ton-gron-fisk-i-disk/>

<https://www.axfoundation.se/projekt/5-ton-gron-fisk-i-disk-cirkulart-foder>

<https://www.slu.se/ew-nyheter/2023/5/framtidens-foder-for-fagel-fisk-och-flask/>

<https://www.axfoundation.se/projekt/framtidens-foder>

⁷⁴ Prop. 2019/20:188, s. 18.

regeringsformen ska det allmänna främja en hållbar utveckling som leder till en god miljö för nuvarande och kommande generationer. Den bestämmelsen kompletteras av miljöbalkens bestämmelser. Av balkens portalparagraf, 1 kap. 1 §, framgår att bestämmelserna i balken syftar till att främja en hållbar utveckling som innebär att nuvarande och kommande generationer tillförsäkras en hälsosam och god miljö.

5.2.1 De svenska miljömålen relevans för akvakultur

Sveriges miljömål beskriver vilka utmaningar som finns på den nationella nivån när det gäller de delar av hållbar utveckling som rör miljön. De svenska målen är betydligt mer preciserade när det gäller vilken miljö kvalitet som krävs för en god miljö i jämförelse med målen i agendan.⁷⁵

Det svenska miljömålssystemet består av ett generationsmål, 16 miljö kvalitetsmål samt ett antal etappmål inom områdena avfall, biologisk mångfald, farliga ämnen, hållbar stadsutveckling, luftföroreningar och klimat.⁷⁶

Akvakultur kan ha påverkan på ett flertal av dessa mål. De som främst berörs är hav i balans samt levande kust och skärgård, ingen övergödning, levande sjöar och vattendrag samt giftfri miljö.⁷⁷ Dessa miljö kvalitetsmål beskrivs därför mer ingående i det följande.

Hav i balans samt levande kust och skärgård

Riksdagen har definierat miljömålet på följande sätt: ”Västerhavet och Östersjön ska ha en långsiktigt hållbar produktionsförmåga och den biologiska mångfalden ska bevaras. Kust och skärgård ska ha en hög grad av biologisk mångfald, upplevelsevärden samt natur- och kulturvärden. Näringar, rekreation och annat nyttjande av hav, kust och skärgård ska bedrivas så att en hållbar utveckling främjas. Särskilt värdefulla områden ska skyddas mot ingrepp och andra störningar.”⁷⁸ Regeringen har preciserat miljö kvalitetsmålet för att förtydliga det. För närvarande finns det elva sådana preciseringar som bl.a. rör god status, främmande arter och bevarade natur- och kulturmiljöer.

Ingen övergödning

Riksdagen har definierat miljömålet på följande sätt: ”Halterna av gödande ämnen i mark och vatten ska inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningar för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten.” När det gäller tillstånd i sjöar, vattendrag, kustvatten och grundvatten innebär preciseringen att sjöar, vattendrag, kustvatten och grundvatten

⁷⁵ Webbplatsen för de svenska miljömålen: <https://www.sverigesmiljomal.se/sa-fungerar-arbetet-med-sveriges-miljomal/sveriges-miljomal-och-de-globala-hallbarhetsmalen/>, hämtat 2023-06-14.

⁷⁶ Webbplatsen för de svenska miljömålen: <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/>, hämtat 2023-06-14.

⁷⁷ Havs- och vattenmyndighetens webbplats: <https://www.havochvatten.se/vagledning-foreskrifter-och-lagar/vagledning/provning-och-tillsynsvagledning/vattenbruk/vattenbruk-omfattas-av-miljobalkens-krav.html>, hämtat 2023-06-14.

⁷⁸ Webbplatsen för de svenska miljömålen: <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/hav-i-balans-samt-levande-kust-och-skargard/>, hämtat 2023-06-14.

ska uppnå minst god status för näringsämnen enligt förordningen (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön.⁷⁹

Levande sjöar och vattendrag

Riksdagen har definierat miljömålet på följande sätt: ”Sjöar och vattendrag ska vara ekologiskt hållbara och deras variationsrika livsmiljöer ska bevaras. Naturlig produktionsförmåga, biologisk mångfald, kulturmiljövärden samt landskapets ekologiska och vattenhushållande funktion ska bevaras, samtidigt som förutsättningar för friluftsliv värnas.”⁸⁰ Regeringen har preciserat miljö kvalitetsmålet för att förtydliga det. För närvarande finns elva sådana förtydliganden som bl.a. rör god status, oexploaterade och i huvudsak opåverkade vattendrag, gynnsam bevarandestatus och genetisk variation, främmande arter och genotyper samt bevarade natur- och kulturmiljöer.⁸¹

⁷⁹ Webbplatsen för de svenska miljömålen: <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/ingen-overgodning/preciseringar-av-ingen-overgodning/>, hämtat 2023-06-14.

⁸⁰ Webbplatsen för de svenska miljömålen: <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/levande-sjoar-och-vattendrag/>, hämtat 2023-06-14.

⁸¹ Webbplatsen för de svenska miljömålen: <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/levande-sjoar-och-vattendrag/preciseringar-av-levande-sjoar-och-vattendrag/>, hämtat 2023-06-14.

5.3 Hållbar utveckling av den svenska akvakulturbranschen

Produktionen i världen av livsmedel från vattenlevande organismer beräknas öka med ytterligare 15 procent fram till år 2030.⁸² I dag står ett fåtal etablerade akvakulturarter för över 90 procent av produktionsvolymen inom svensk akvakultur.⁸³

Den svenska akvakulturen har varit föremål för en tidigare statlig utredning. I december 2007 beslutade regeringen att tillsätta en särskild utredare för att analysera förutsättningarna för samt identifiera hinder mot att ett ekonomiskt och ekologiskt bärkraftigt svensk akvakultur skulle kunna utvecklas. Utredaren skulle vidare föreslå hur hinder mot en utveckling av akvakultur kunde undanröjas.⁸⁴ I utredningens betänkande angavs att en förutsättning för en positiv utveckling av den svenska akvakulturen var att akvakultur var såväl ekonomiskt som ekologiskt bärkraftigt. I betänkandet angavs vidare att en utveckling av akvakultur måste baseras på långsiktig ekonomisk lönsamhet samtidigt som verksamheten måste bedrivas inom ekologiskt hållbara ramar. Utredningen var av uppfattningen att för ekologisk bärkraftighet skulle samma grundläggande förutsättningar gälla för akvakultur som för annan livsmedelsproduktion:

1. att näringen ingår i spårbara kretslopp,
2. att energin är förnybar,
3. att näringen ger ett nettobidrag till livsmedelsförsörjningen, och
4. att verksamheten inte leder till icke-reversibla (bestående) förändringar av omgivande ekosystem.⁸⁵

Dessa kriterier har sedan betänkandet publicerades använts i senare arbete med nationell vattenbruksstrategi och därtill kopplade handlingsplaner. När kriterierna publicerades var de banbrytande även i ett internationellt perspektiv. Det var första gången som kriterier som rörde cirkularitet, välfärd och klimat fördes in i debatten runt akvakulturens hållbara utveckling. Tidigare hade endast kriterier som rörde övergödning varit aktuella. I dag är samtliga kriterier självklarheter även i den internationella debatten runt akvakulturens utveckling och aktualiseras i frågor som rör såväl foder som lokalisering och utveckling av olika produktionsformer.

⁸² FAO:s webbplats: <https://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture>, hämtat 2022-12-14.

⁸³ Handlingsplan för utveckling av svenskt vattenbruk 2021–2026, s. 28.

⁸⁴ Kommittédirektiv 2007:107.

⁸⁵ SOU 2009:26, *Det växande vattenbrukslandet*, s. 53.

5.3.1 Framtida utveckling av omatad akvakultur

Omatad akvakultur har troligen lättast att uppfylla alla dessa kriterier. Samtidigt har den omatade akvakulturen en stor potential som livsmedel och djurfoder (speciellt för fisk) samt utgöra en miljötjänst. En av de hämmande faktorerna på västkusten kan vara att det finns risk för ansamling av organiskt material under en större och olämpligt lokaliserad uppfödning eller odling. Organiskt material och nedfallande levandeorganismer kan dock utgöra ett positivt bidrag till ekosystemet på botten under uppfödningen eller odlingen, förutsatt att mängden är biologiskt lämplig för lokaliteten. Samma sak kan också gälla för en öppen fiskodling och har länge varit grunden för miljötillstånd för norska laxodlingar. Det så kallade MOM systemet⁸⁶ bygger på att förändringar i biodiversitet under en odling är en indikator på acceptabel kontra oacceptabel påverkan. I den frågan behövs dock ytterligare kunskap vad gäller både svenska inlands- och marina vatten.

Gemensamt för omatad akvakultur är att uppfödningarna eller odlingarna ofta upptar en stor yta och därmed kan stå i konflikt med det rörliga friluftslivet. Lokaliseringen av uppfödningar och odlingar är viktiga och ny teknik kan komma att minska konflikter genom nedsänkta odlingar, bl.a. används sådan teknik för odling av musslor på ostkusten. Teknik för nedsänkta odlingar anpassade till den större marina blåmusslan testas just nu av danska forskare⁸⁷. För makroalger är det osäkert om nedsänkta odlingar kan vara ett alternativ eftersom de har ett stort behov av solljus. För dessa odlingar kan lokaliseringar längre ut från kusten däremot vara intressanta, speciellt i samverkan med anläggningar för havsbaserad förnybar energi. Här pågår nu försök med stöd av EUs forskningsfonder⁸⁸. I Sverige har man genomfört en utredning i frågan⁸⁹, där man ser en stor potential i just en sådan samexistens i våra vatten för omatad akvakultur och havsbaserad energi.

5.3.2 Framtida utveckling av den matade akvakulturen i öppna produktionsformer

Öppna produktionsformer för fisk bör också ha stor utvecklingspotential, förutsatt att interaktionen med omgivande ekosystem kan hanteras. När det gäller minskad risk för påverkan av näringsutsläpp från sådana produktionsformer finns flera möjliga utvecklingar. Det är i sammanhanget intressant att se hur näring tas tillvara i världens jordbruksbygder, och främst i tropiska och subtropiska områden. Fiskens gödsel är ett naturgödsel med många biologiska fördelar som har använts under tusentals år⁹⁰, och de biologiska fördelarna har också konfirmerats i dagens forskning⁹¹. Växelbruk mellan fiskodling i sötvatten och jordbruk är redan i dag

⁸⁶ s (Modeling – Ongrowing fish farms – Monitoring, Ervik m.fl., 1997

⁸⁷ Detta görs i BSR-projektet Baltic muppet. [HOME | Baltic MUPPETS](#)

⁸⁸ <https://olamur.eu/>

⁸⁹ Samexistens mellan havsbaserad vindkraft, yrkesfiske, vattenbruk och naturvård - Publikationer - Data, kartor och rapporter - Havs- och vattenmyndigheten (havochvatten.se) <https://www.havochvatten.se/data-kartor-och-rapporter/rapporter-och-andra-publikationer/publikationer/2023-03-01-samexistens-mellan-havsbaserad-vindkraft-yrkesfiske-vattenbruk-och-naturvard.html>

⁹⁰ Growing together gives more rice and aquatic food. Liu et al. eLife 2022;11:e77202. DOI: <https://doi.org/10.7554/eLife.77202>

⁹¹ Using aquatic animals as partners to increase yield and maintain soil nitrogen in the paddy ecosystems, <https://doi.org/10.7554/eLife.73869>

världens största men också snabbast växande vattenbruk (FAO, 2022). Den med jordbruket integrerade sötvattenodlingen har flera fördelar då man dels föder upp eller odlar arter som lättare kan återta näringsflöden från det omgivande jordbruket och lokalsamhället genom mikrobiell och insektskompostteknik, dels har ett jordbruk med växande gröda året runt, med ett behov av fiskens gödsel. Ökad interaktion mellan akvakultur och jordbruk kan förutspås även här i framtiden (se gärna⁹² för exempel).

Uppfödning eller odling offshore utvecklas i dag i snabb takt genom användning av liknande teknik som för andra branscher.⁹³ Samtidigt får vi en allt större förståelse för det öppna havets behov av näring; var mer näring behövs och var det redan finns tillräckligt. I Sverige har vi begränsade möjligheter för uppfödning offshore i marin miljö, men i Sverige finns en akvatisk miljö i form av kraftverksdammar som har stort behov av näring⁹⁴ och där ca 95 procent av all svensk odlad fisk i dag produceras. Det är dock möjligt att vi i Sverige endast utnyttjar 1/10 av potentialen för sådan uppfödning⁹⁵. Uppfödning i kraftverksdammar, och kanske mer offshore i delar av Bottenhavet/viken vara Sveriges möjliga svar på Norges och övriga marina världens satsning mot uppfödning offshore.

Generellt kan man säga att fisk som är uppfödd i en öppen produktionsform är en av våra hållbara livsmedel, då naturen står för såväl vattengenomströmning som gasutbyte. Utöver risk att bidra till övergödning av omgivande vatten är akilleshälen fodret, något som gäller för all intensiv fiskodling oavsett vilken produktionsform som används (se också ovan).

5.3.3 Framtida utveckling av matad akvakultur i fråga om andra produktionsformer

Vad gäller framtidens fiskuppfödning i andra produktionsformer än öppna är det många som för fram storskaligt RAS. Kanske främst för laxartad fisk, men även för mer varmvattenkrävande arter. Förekomsten av RAS för liten fisk, liksom småskalig RAS för integrerade former som akvaponi, kommer med största sannolikhet att öka i framtiden. Detsamma gäller uppfödning av mer varmvattenanpassade arter, där även abborre och gös ingår. Det är dock tveksamt om dessa i volym kan komma att utmana traditionella arter odlade i öppna system, som lax, regnbåge och röding.

För att föda upp samma typ av matfisk i RAS, och i samma volymer som i dag odlas i kassodlingar, återstår en rad utmaningar runt energi, påverkan på omgivande ekosystem och djurvälstånd. Även ekonomiska utmaningar finns. Dessa system kräver betydligt större investeringar än kassodlingar där vi pratar 10 tals miljoner för kassodling per 1.000 ton, men en till två tiopotenser mer för samma volym i RAS, om inte mer⁹⁶. Likaså är det en ny yrkeskår som behövs och en jämförelse kan i det avseendet göras med det steg som hortikulturen gjort när man gått från

⁹² <https://newsroom.ragnsells.se/posts/pressreleases/ny-rapport-norges-fiskbajs-kan-bli-el-for-600>

⁹³ Oljeindustrin och förnybar energi.

⁹⁴ Fiskodling i Norr, en livsmedelsproduktion med miljöpotential SLU, HUV, Rapport nr 309, 2023.

⁹⁵ SOU 2009:26, *Det växande vattenbrukslandet*

⁹⁶ Björndahl et al. 2018; Hedlund 2018 Nordiska Ministerrådet Tema Nord 2008:245; Hilmarsen et al. 2018; Gardner Pinfold Consulting Inc. 2019

klassiskt jordbruk på friland till en högteknologisk och innesluten hyllodling. Det är ännu en öppen fråga om även fisken kommer genomgå samma industriella anpassning som övriga djurslag gjort inom den högteknologiska, högintensiva och industribaserade animalieproduktionen.

En annan fråga är om dagens form för RAS, som nu anläggs i gigantiska industrifastigheter på land, där det krävs ca 0,5 hektar byggnad per 1 000 ton produktion per år⁹⁷ kommer bli den form vi också ser i framtiden. Det sker en snabb teknikutveckling där man antingen flyttar hela den slutna uppfödningen under vattenytan eller så att den är fritt flytande i vattnet. I det första fallet spränger man sig ner i berggrum under havsnivå och i det andra kan man säga att man skapar en helt sluten kasse med inbyggt reningsverk. Det finns i huvudsak tre anledningar till denna utveckling. För det första så minskas energikostnaden för att pumpa vatten radikalt, eftersom man förflyttar vatten och inte pumpar vatten mot gravitationen. För det andra så löser man behovet av kylning, vilket tillsammans med att pumpa vatten är en stor kostnad för kallvattens RAS. Grovt uppskattat går det åt ca 7.5 GWH för produktion av 1 000 ton lax, regnbåge eller röding per år⁹⁸ i dessa system. En tredje fördel är att man kan byta ut byggmaterialen från stål och betong mot andra lättare och mer flexibla material, vilket totalt kan leda till en signifikant minskad byggkostnad.

Det sker också en utveckling av flera mellanformer av öppna och slutna system, som generellt går under termen ”semislutna” system. Dessa kan med stor sannolikhet komma att revolutionera möjligheterna att lokalisera fiskuppfödningar till platser som i dag inte är lämpliga på grund av att de är för grunda eller har för lågt vattenutbyte, men som har fördelar ur ett drift- eller logistikperspektiv.

5.3.4 Framtida utveckling av matad akvakultur i fråga om foder

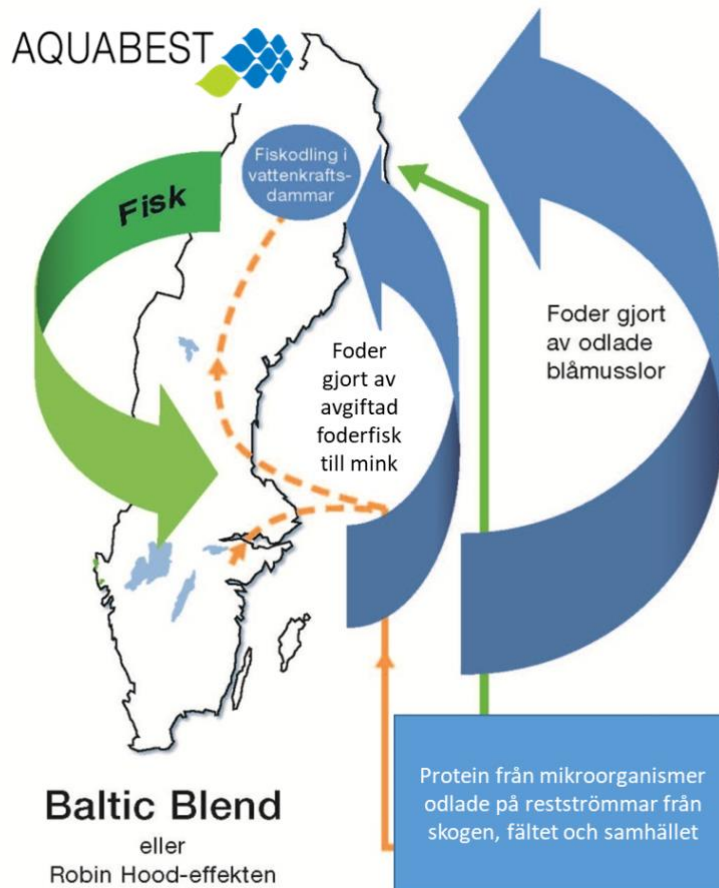
För storskalig kassodling, liksom för storskalig RAS, har i princip allt foder sitt ursprung i multinationella företag i foderindustrin. Framställningen bygger på storskalighet och koncentration och fodret baseras i stor utsträckning på samma råvaror som livsmedel, vilket gör att fodret utgör en utmaning för att skapa hållbara cirkulära flöden, ett nettobidrag till den globala livsmedelsproduktionen och det enskilda landets livsmedelsförsörjning⁹⁹. Såväl forskare som industri arbetar intensivt med frågan om hur en förändring kan göras så att framtidens foder inte utarmar miljön, tär på klimatet, minskar den totala mängden tillgängligt livsmedel eller utmanar möjligheten till nationell livsmedelsförsörjning i krissituationer.

⁹⁷ 0,5 hektar byggnad per 1.000 årstons produktion är ungefär samma yta som krävs för samma produktion i kasse, men då yta vatten.

⁹⁸ T.ex. Nistad.A.A. 2020. Current and Future Energy Use for Atlantic Salmon Farming in Recirculating Aquaculture Systems in Norway. I ansökan för 10.000 ton årsproduktion i RAS i Säffle beräknade man ungefär samma energiåtgång i drift, liksom i konsultuppdrag för en liknande odling i Jämtland om 5,9 kwh/kg fisk exklusive energin för reningsanläggning. Man räknade också med anläggningen skulle behöva omsätta 2.970.000 m³/år vatten från recipienten och till reningsverket.

⁹⁹ Diskuteras även under hållbarhet men här avses i första hand i resurssvaga länder där foderindustrin idag upphandlar stora kvantiteter foderråvara som liten fisk, protein grödor med mera.

I dag kan man kort sammanfatta utvecklingen av framtidens foder utifrån fyra källor, som beskrivs nedan.



Figur 5. En skiss av Aquabest projektet (BSR) som var det första projektet att visa att ett svenskt kretsloppsbaseerat foder till odlad regnbåge är möjligt. Huvuddelen av näringen hämtades antingen från Östersjön eller dess avrinningsområde, döptes det till "Baltic Blend", som sen också blev namnet på den första kommersiella tillämpningen av "Robin Hood" principen. Från Kiessling A. 2013 Vattenbruk då och nu i Havbruk som håller i längden, Formas Fokuserar pp 247 – 257.

För mer läsning om hur detta arbete har utvecklats i Vinnovas program "Utmaningsdriven Innovation" hänvisar vi till SLUs och Axfoundations hemsidor om projekten "Fem Ton Grön Fisk i Disk" och "Framtidens Foder för Fågel, Fisk och Fläsk".

Insekter

Den idag mest uppmärksammade källan i framtida foder är troligen insekter. Insekter som Amerikansk vapenfluga har t.ex. en stor förmåga att återställa protein av låg och varierande kvalitet till ett homogent protein av hög kvalitet. Vidare så

visar alla konsumentundersökningar att det finns en hög acceptans hos Europas alla konsumenter för livsmedel producerat med insekter som foder¹⁰⁰.

Mikrober

Mindre uppmärksammat men kanske volymmässigt ännu viktigare är mikrober som bakterier, jästsvampar och mikroalger. Dessa är världens snabbast växande biologiska varelser och kan göra nytt protein, fett och vitaminer av hög kvalitet från enskilda ämnen och mineraler. Det innebär att mikroberna växer bäst på de restströmmar som insekter inte kan använda. Samtidigt kan mikrober bara ätas av människan i begränsad mängd, medan fisken genom evolutionen har behållit en enzymatisk kapacitet att äta större mängder mikrober. Samma tycks även gälla för fågel och i viss mån även gris¹⁰¹.

Omatad akvakultur

Biologiskt material från omatad akvakultur, t.ex. från uppfödning av musslor, men även odling av makroalger, utgör en bra foderråvara samtidigt som omatad akvakultur kan utföra miljötjänster. Liten blåmussla odlad i Östersjön ger en råvara som är direkt utbytbar mot fiskmjöl, men som är av mindre intresse som livsmedel. Liksom med insekter finns ett större intresse av att föda upp dem än vad intresset är av att konsumera dem som livsmedel. I stället för att använda dem som livsmedel kan de komma till användning som djurfoder och därigenom skapa en nettoökning av för marknaden attraktiva livsmedel¹⁰².

Situationen för makroalger är annorlunda då dessa i första hand odlas för konsumtion som livsmedel eller högvärdesprodukter inom kosmetika och hälsoprodukter. Härigenom blir makroalgens högvärdiga protein och fetter ekonomiskt lönsamt att utnyttja till foderprodukter. Produkter som om de vore primär råvara skulle bli alldeles för dyra att torka och rena från sin höga halt av mineraler¹⁰³.

Övrigt

¹⁰⁰ T.ex. Sogari, G., Dagevos, H., Amato, M., Taufik, D. (2022). Consumer Perceptions and Acceptance of Insects As Feed and Food: Current Findings and Future Outlook. In: Scaffardi, L., Formici, G. (eds) Novel Foods and Edible Insects in the European Union. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-13494-4_8 rapporterar att mer än 90% av alla tillfrågade konsumenter var positiva till att insekter ingick som foderråvara till livsmedelsproducerande djur.

¹⁰¹ För mer information se <https://www.slu.se/en/departments/molecular-sciences/research/food-and-feed-microbiology/fish-feed-project/>

¹⁰² <https://www.axfoundation.se/nyheter/musslor-cirkulart-djurfoder-ecopelag>

¹⁰³ T.ex. Hamed H.E. Saleh. Review on Using of Macro Algae (seaweeds) in Fish Nutrition. Journal of Zoological Research | Volume 02 | Issue 02 | April 2020

Den fjärde viktiga gruppen av framtidens foderråvaror kommer dels i form av olika förädlade protein från t.ex. gräs eller baljväxter, dels i form av marina biprodukter och ekosystemvårdande fiske av arter med litet intresse för livsmedelsmarknaden. Redan idag kommer en stor del av foderråvaran från soja och mer än 30 procent av allt fiskmjöl och olja till fiskfoder kommer från fiskets sidoströmmar som avskär, rens med mera. Det finns ingen anledning att minska andelen av dessa råvarugrupper, förutsatt att det dels används produkter från ett överskott från jordbruket, dels säkras ett levande hav med ett uthålligt fiske.

I dag används arter med intresse från livsmedelsproduktionen till fiskfoder men nya tekniker tillåter nu fiske och processering av arter som vi ser är skadliga för ekosystemet men har lågt intresse som livsmedel. Viss vit fisk, med högt näringsvärde, från Sveriges insjöar och kuster är exempel på fisk som i bästa fall går till biogas i stället för att bara grävas ned. I Östersjön kan det vara intressant med fiske av spigg och svartmunnad smörbult med flera arter.

5.3.5 Framtida utveckling av arter inom akvakultur

Det är troligt att akvakultur, i likhet med lantbruket, mer och mer går mot färre arter vad gäller de organismer som föds upp eller odlas i stora volymer, där laxfiskar och skaldjur i kalla regioner och tilapia, malar och makroalger i varmare regioner kan komma att dominera allt mer. Likaså är det troligt att när det gäller mer nischproduktion så kommer diversifieringen att öka vad gäller arter, utöver de nära 700 arterna som redan i dag odlas inom den globala akvakulturen (FAO, 2022).

5.3.6 Framtida utveckling av "akvakulturhotell"

Slutligen kan det vara intressant att nämna en utveckling av så kallade akvakulturhotell¹⁰⁴ där en fiskare, oftast lokal, fångar vild fisk levande som antingen är för liten, mager eller fångad i fel säsong för att det ska vara möjligt att få ett bra marknadspris, för att sen föda upp den i fångenskap innan försäljning. För arter som hummer, där det finns en tydlig skillnad mellan bra fångstsäsong (tidig höst) och stor efterfrågan på marknaden (nyår) har detta sedan länge varit standard. Det är troligt att detta kan bli aktuellt för även andra organismer. Dessutom öppnar en sådan kombination upp möjligheten för ett mer ekonomiskt bärkraftigt och småskaligt kustfiske samtidigt som fiskaren kan anpassa olika arbetsmoment mer flexibelt till väder, säsong och till övriga arbetsuppgifter. I Blekinge pågår nu ett svenskt fiske-/odlingsprojekt mellan kustfiskare och SLU. Man har arbetat med torsk, men fiskestoppet i södra Östersjön för torsk ledde till att man nu gått över till abborre. För 100 procent cirkularitet och samtidigt skapa ett nettouttag av näring från Östersjön testas att mata abborren med fisk från arter med ekosystemintresse, som svartmunnad smörbult, spigg, och odlad miljömussla från Östersjön.

¹⁰⁴ I Norge är detta kommersiellt. Se t.ex. <https://www.aalesundfish.no/wild-catch/live-storage-cod/>. I Sverige har forskare på SLU arbetat både med torsk och nu senast med abborre, se Östman et al., 2022, Odling av vildfångad abborre för förbättrad situation för småskaligt kustfiske. Slutrapport SLU ID: SLU.2020.4.1-330 Jordbruksverkets Dnr. 3.3.17-17132/2020

Tack

Författarna vill här ge ett stort tack, dels till Regeringskansliet som tillåter att det arbete som författarna lagt ner inom expertgruppen för Fiske- och vattenbruksutredningen (N 2022:06) nu får användas som grund för denna rapport, dels till utredningens sekreterare, Josefin Sahlin, vars bidrag till avsnittet om internationell och svensk uthållighet har varit ovärderligt.