



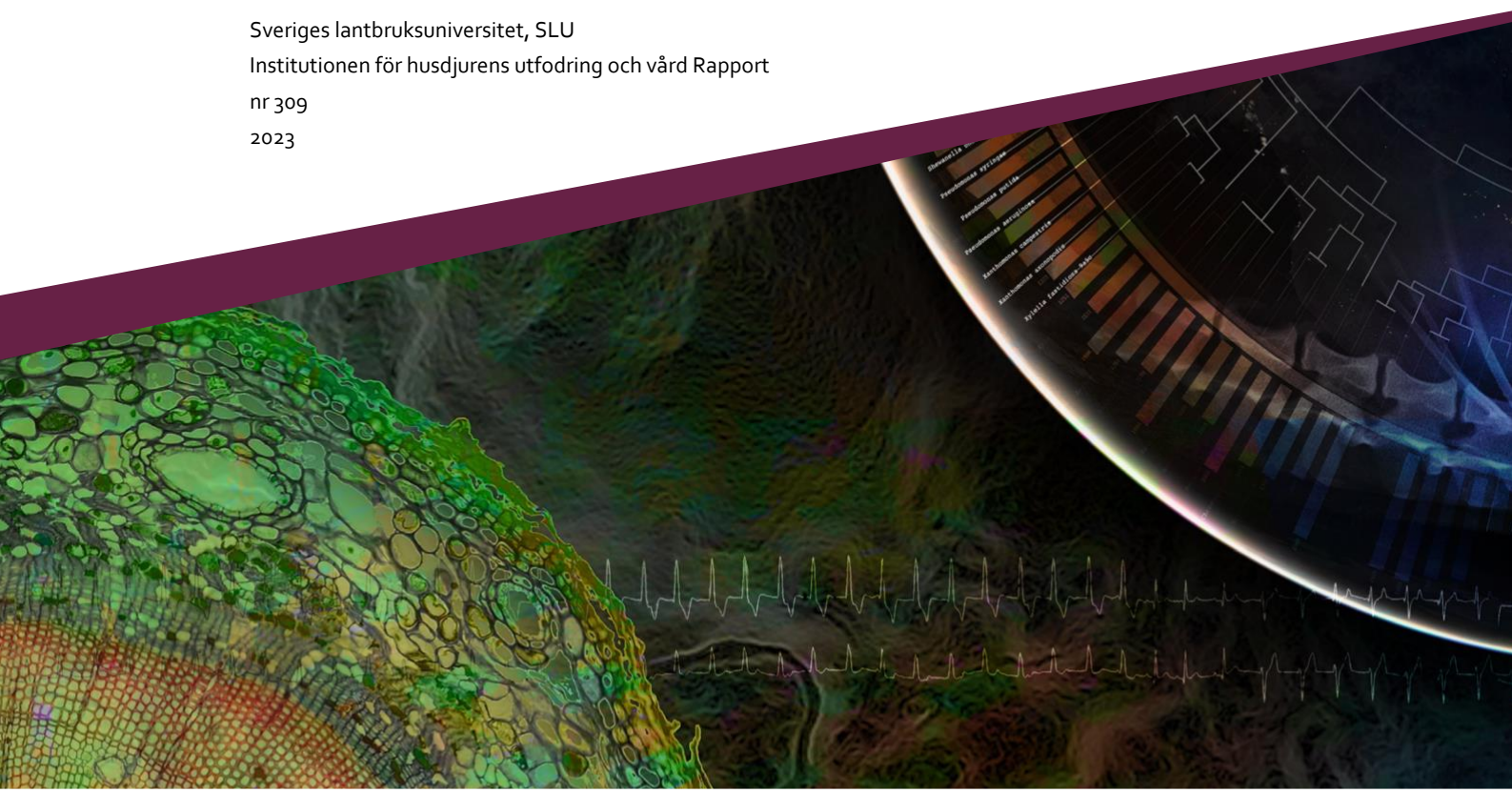
# Fiskodling i norr en livsmedelsproduktion med miljöpotential

---

*Fish farming of the North, a food production with a green potential*

Anders Kiessling & Martyn Futter

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Institutionen för husdjurens utfodring och vård Rapport  
nr 309  
2023



# Fiskodling i norr

## en livsmedelsproduktion med miljöpotential

*Fish farming of the North, a food production with a green potential*

Anders Kiessling, Prof. Akvakultur

Institutionen för husdjurens utfodring och vård,  
Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, Sverige  
Institutionen för vatten och miljö,  
Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, Sverige

Martyn Futter, Doc. Vattenkemi

**Utgivare:** Sveriges lantbruksuniversitet,  
Institutionen för husdjurens utfodring och vård  
**Utgivningsår:** 2023  
**Utgivningsort:** Uppsala  
**Serietitel:** Rapport Institutionen för husdjurens utfodring och vård  
**Delnummer i serien:** 309  
**ISSN:** 0347-9838  
**ISRN:** SLU-HUV-R-309-SE  
**Nyckelord:** Norrland, fiskodling, uthållig

© Anders Kiessling & Martyn Futter

## Sammanfattning

Under 1900-talets första hälft genomgick våra älvar en radikal förändring. Samtidigt som Sverige fick en klimatsmart energikälla skapades oavsiktligt helt nya ekosystem. Frågan är om dessa nya ekosystem behöver mänsklig intervention, också med tanke på den nu eskalerande klimateffekten, för att uppnå balans? En mångvetenskaplig grupp forskare vid SLU och Umeå universitet ställer nu frågan vilken ytterligare kunskap som behövs för att säkerställa en eko- och sociosystembaserad skötselplan för våra norrländska kraftverksmagasin. En plan som både tar hänsyn till miljön, lokalsamhället och Sveriges behov av ökad inhemsk livsmedelsförsörjning.

*Nyckelord:* Fiskodling, Miljövänligt, Klimatsmart, Självförsörjning, Entreprenörskap

## Abstract

During the first half of the 20th century, our rivers underwent a radical change. While Sweden got a climate-smart energy source, completely new ecosystems were inadvertently created. The question is whether these new ecosystems need human intervention, also considering the now escalating climate effect, to achieve balance? A multidisciplinary group of researchers at SLU and Umeå University is now asking the question what additional knowledge is needed to ensure an eco- and socio-system-based management plan for our Nordic hydropower dams. A plan that takes both the environment, the local community and Sweden's need for increased domestic food supply into account.

*Keywords:* Fish farming, Environmental friendly, Climate smart, Food security, Entrepreneurship

## Förord

Det är intressant hur livet formas och vart det tar en. Som ung student var jag övertygad om att jag skulle arbeta med fåglar och ekologi, men så mötte jag fisken i mitt mastersarbete vid Uppsala universitet och en entusiastisk handledare, något som tycks vara karakteristiskt för forskare inom området fisk. Tillämpad grundforskning inom fisk och akvakultur tog mig sen runt jorden från det nordligaste Svalbard till tropikernas Sydostasien, med de längsta uppehållen, förutom Sverige, i Västra Kanada och Norge. När jag runt 2010 återvände till Sverige var det spännande att gå från att vara en liten del av ett stort maskineri i en gigantisk matindustri, till det småskaliga entusiasternas land. Precis i tid för att få bli en del av arbetet med SOU 2009:26 "Det växande vattenbrukslandet" och sen dess uppföljning i form av nationella strategier och handlingsplaner.

Sverige har en enorm rikedom av duktiga forskare och entreprenörer, men på något sätt verkade just området vattenbruk, eller akvakultur som är en mer precis beskrivning, fortfarande vara fast i 80-talets debatt och orealiserade politiska vilja. En politisk vilja manifesterad i just den SOU och handlingsplaner jag refererar till ovan, med start från 2009 och fram till idag. Att under dessa 14 år fått följa hur denna politiska vilja, uttryckt redan i början av 1980-talet i den "Ackerforska" utredning, börjar realiseras och nu, inte minst med stöd av EU, gå från ord till handling är en glädje när jag nu är på väg att trappa ner. I detta arbete kom Martyn inte bara att bli en vän utan en helt outhärlig kollega, med en djup kunskap runt vattenkemi och miljömodulering. Vi kom tillsammans med vår goda kollega från Norge Øystein att bli en vetenskaplig trojka för att ge våra miljömyndigheter stöd att återinföra vetenskap och beprövad erfarenhet i miljöbedömningen av öppen fiskodling lokaliserad i våra så kraftigt modularade och för vattenkraften utbyggda älvar.

Även om vi nu ser att fler och fler av våra myndigheter förstår att närsalter inte bara är av ondo utan faktiskt livets grundstenar och problem uppstår bara när vi överlastar systemet, så är det en kunskap som ännu saknas hos den breda allmänheten. Likaså saknas kunskap hur vattenkraften i kombination med den pågående climateffekten leder till att just halten av dessa livets grundstenar, närsalterna, håller på att försvinna helt från många av våra större utbyggda älvar.

Kvar blir bara ett klart men döende vatten. Jag och Martyn har därför insett att det behövs en mer lättläst sammanställning av det som forskningspublikationer och rapporter faktiskt säger och att enkelt formulera vad vi faktiskt vet och vad vi behöver veta mer om, för att fiskodling i norrländska älvar inte bara skall producera ett fantastiskt livsmedel utan också gör det på ett för omgivande miljö positivt sätt.

Detta arbete är därför sammanfattningen av mångas forskares arbete och personliga erfarenheter. Jag tillsammans med Martyn vill därför rikta ett enormt stort tack till följande personer för bidrag med expertkunskap och uttrycka vår innerliga önskan om ett fortsatt givande samarbete.

*Anders Kiessling,*

Fakultetsprofessor, SLU med ansvar för utveckling av forskning och undervisning i Akvakultur.

- Docent Pär Byström, Fiskeekologi i Norrlands inland; Inst. Ekologi, Umeå Univ.
- Hanna Carlberg, Forskare akvakultur, SLU
- Prof. Stefan Bertilsson, funktionell ekologi i limniska system, SLU, med expertkompetens inom mikrobiell ekologi, biogeokemi och pelagiska akvatiska näringsvävar.
- Professor Øystein Evensen, Expert fisksjukdomar, NMBU, Norge
- Professor Jean.W.H. Yong, Expert, hortikultur och ”biologically based land restoration” och interaktion mellan fiskgödsel och växtfysiologi.
- Wenche Hanssen, VD Matfiskodlarnas branchorganisation.
- Prof. Hjalmar Laudon, Norrländska landskap inkl skogen, SLU.
- Statsveterinär Charlotte Axén, Ansvarig för övervakningen av fisksjukdomar och dess behandling i vild och odlad fisk. Sveriges Veterinärmedicinska Anstalt (SVA).
- Lektor Cecilia Mark-Herbert, Expert, ekonomi med fokus på företagande inom livsmedelsproduktion i skogs- och landsbygdbygd, SLU.
- Prof. Emeritus Peter Lundqvist, arbetsmiljö- och arbetslivsfrågor i de gröna näringarna i frågor som rör social hållbarhet, landsbygdsutveckling och dynamiken mellan landsbygd och samhälle, SLU.

# Innehållsförteckning

<b>Figurförteckning</b> .....	<b>7</b>
<b>1. Bakgrund</b> .....	<b>8</b>
1.1. Den utbyggda älven, vårt senaste kulturlandskap. ....	8
1.2. Vart är vi på väg? .....	10
1.3. Fiskodling i Sverige .....	10
<b>2. Fiskodling i Norrlands inland erbjuder både jobb och ökad grad av självförsörjning</b> .....	<b>13</b>
2.1. Kassodling erbjuder ett klimatsmart livsmedel.....	15
<b>3. Odling och det omgivande ekosystemet</b> .....	<b>17</b>
3.1. Odlad fisk är inte bara mat .....	17
3.2. Odlad och vild i samma vatten .....	18
3.2.1. Rymning och utsättning .....	18
3.2.2. Frisk fisk är ett måste både i odling och i det vilda .....	19
3.3. Närsalter – ett gissel eller en välsingelse.....	22
3.3.1. Närsalter och klimateffekten .....	22
3.4. Kraftverksdammen .....	24
3.4.1. Kraftverksdammen tappar näring .....	24
3.4.2. Näringsväv i naturvatten kontra kraftverksdammen.....	24
3.5. Hur kan en kassodling leverera en miljöjänst? .....	26
3.5.1. Fodret – nyckeln till cirkulär produktion .....	27

## Figurförteckning

Figur 1 Stora vattenkraftverk i Sverige.....	8
Figur 2 Möjliga smittvägar för sjukdomar hos fisk och smittskyddsåtgärder ..	19
Figur 3 Projekt ”Miljökassen” .....	21
Figur 4 N i skogens avrinning, en jämförelse av ändring från 1970 - 2010...	22
Figur 5 Relation mellan fiskproduktion och näringsstatus. ....	23
Figur 6 Tidsserie av halt av fosfor efter uppdämning. ....	25
Figur 7 Total fosfor i Ångermanälven, Sollefteå över 30 år.....	25
Figur 8 Närsaltens kretslopp i en naturlig och dämnd sjö.....	26
Figur 9 En skiss av Aquabest projektet (BSR). ....	29

# 1. Bakgrund

## 1.1. Den utbyggda älven, vårt senaste kulturlandskap.

Sedan människan vandrade in i det norrländska landskapet har älven med sina stora älvsjöar varit dess livsnerv och en viktig källa för livsmedelsförsörjningen, där laxen varje höst bidrog med ett kritiskt mattillskott, inte minst under år med missväxt. Laxfiskets stora betydelse är tydligt i det historiska löfte som Gustav Vasa gav Dalarnas befolkning, att som tack för hjälpen släppa förbi mer lax vid det av kungen och kyrkan kontrollerade fisket i Älvkarleby (även om han sedan inte infriade sitt löfte). Tillgången på lax ändrades dramatiskt när vattenkraften byggdes ut under 1900-talets första hälft som en bas för Sveriges elförsörjning. Priset för detta blev dock högt för älvens ekosystem och för de människor som levde av vad älven gav (Bild 1). Vi kan nog alla enas om att den älven som fanns då inte längre existerar, då även flottningen har satt tydliga spår i de älvar som idag är fredade för vidare exploatering. Enbart i Dalälven med biflöden finns idag mer än 40 vattenkraftverk och därmed har älvens ekosystem blivit permanent påverkat till den grad att biodiversiteten är beroende av mänsklig intervention (Fig.1). Vi ser här paralleller till såväl odlings- som stadslandskapet, där människans aktiviteter dominerar ekosystemet. Vi definierar

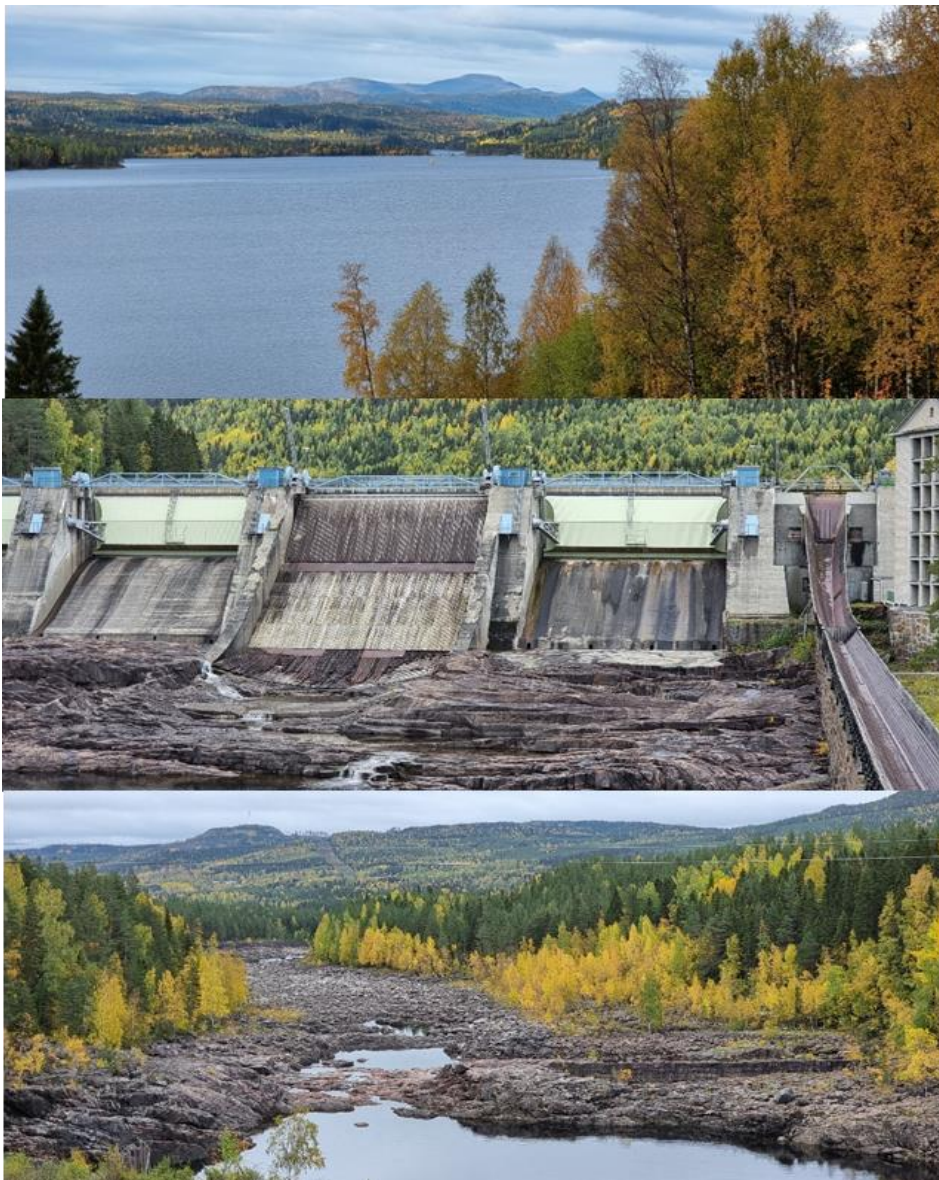


*Figur 1 I Sverige finns det ca 2.000 vattenkraftverk. Här är älvar med verk med en effekt över 20 MW inritade med respektive kraftverk markerad som en blå punkt. Baserad på Lejestrand et al. 2015, Rapport Svensk Energi.*



här denna typ av landskap eller ekosystem som ett kulturlandskap<sup>1</sup>, som för sin funktion behöver människans vård.

*En skötselplan för denna ”vård” förutsätter tvärvetenskaplig forskning som ger en fördjupad kunskap om biologiska förutsättningar för produktion, insikter om konflikter i resursanvändning och institutionella system såsom lagar, kultur och normer som tillsammans sätter gränserna för denna utveckling.*



*Bild 1. Överst, högvatten i övre delen av Ströms Vattudals vattenmagasin i Ångermanälven, NV Jämtland. Mellan och nederst är Krångede vattenkraftverk i Indalsälven, södra Jämtland. Bild A.Kiessling.*

---

<sup>1</sup> ”Där människans resursutnyttjande är av sådan grad att ekosystemet för sin biodiversitet är beroende av människans vård”

## 1.2. Vart är vi på väg?

Frågan vi forskare ställer oss är inte om det finns en väg tillbaka, utan om det finns en ny väg framåt? Forskare från SLU och Umeå Universitet, som ämnesmässigt spänner från ekonomi/samhällsvetenskap till ekologi och vattenmiljö med stor erfarenhet av det norrländska landskapet och dess socioekonomiska förutsättningar, samlas här med ett gemensamt mål; att förstå hur den kraftigt förändrade miljön som skapats genom regleringen i framtiden kan utgöra basen för ett växande och klimatsmart entreprenörskap. Ett entreprenörskap med fokus på fiske och laxfisk odlad i öppna system som ett cirkulärt och klimatsmart producerat livsmedel. Samtidigt som det gynnar den utbyggda älvens interna biologiska produktivitet med kopplade ekosystemtjänster. Grunden för en sådan utveckling är att forskningen sker i nära dialog med entreprenörernas företrädare, lokala fiskodlare samt nationella och lokala myndigheter. I nätverket finns också Jordbruksverkets vattenbrukskansli, Statens Veterinärmedicinska anstalt samt Landsbygdsnätverkets projekt för vattenbruk, med flera. Detta för att både stödja lokalsamhället och ge relevanta beslutsunderlag till regelförändringen för såväl tillstånd inom vattenbruket som förutsättningar för värdeskapande vad gäller odling av fisk i Sverige.

## 1.3. Fiskodling i Sverige

Fiskodlingen i Sverige har en månghundraårig historia som sträcker sig ända bak till Vadstena kloster på 1400-talet där karpfisk odlades i dammar runt våra herresäten och större gårdar<sup>2</sup>. Denna odlingsform producerade som mest i början av 1900-talet. Vid den tiden togs till och med speciella tåg i bruk för transport av levande fisk till försäljning på kontinenten<sup>3</sup>. I mitten av 1800-talet utvecklade man i västra USA både kunskap och metoder för att reproducera laxfisk i fångenskap och man skaffade sig erfarenheter av hur man med rätt förutsättningar kunde skeppa den befruktade rommen runt hela jorden. Regnbågslaxen anlände till Sverige under sent 1800-tal. Det dröjde inte länge innan denna art fick sällskap av en rad andra laxfiskar, återigen genom import från bland annat Nordamerika. Dessa benämndes ofta med samlingsnamnet forell, vilket kommer från Tyskans ”Forelle” och betyder laxfisk<sup>4</sup>. Drivkraften var då uteslutande intresset av att skapa ett utökat och mer rikligt sportfiske.

---

<sup>2</sup> Se Historical Aquaculture in Northern Europe. Madeleine Bonow, Håkan Olsén & Ingvar Svanberg (red.). Södertörns högskola, Huddinge 2016. 204 s., ill. ISBN 978-91-87843-62-4.

<sup>3</sup> Prof. Ackefors pers. kom.

<sup>4</sup> Wessén E. 1979. Projektet Runeberg p.119 <http://runeberg.org/varaord/0129.html>

Allt eftersom vattenkraften byggdes ut ville man dessutom ersätta förlusten av naturligt lekande lax och öring med odling av vild inhemska lax som sedan kunde användas för kompensationsutsättning. Detta kom då att bli en allt viktigare odlingsform. För att effektivisera denna så kallade kompensationsodling och vidareutveckla kunskapen runt laxens tidiga stadier fram till utsättning och kontrollerad reproduktion skapade kraftverksindustrin laxforskningsinstitutet. Detta forskningsinstitut etablerades först i Jämtland, men kom sedan att flyttas till en plats nära Vattenfalls dåvarande huvudkontor i Älvkarleby. Institutet attraherade många duktiga forskare och blev tidigt ett av världens ledande forskningsinstitut för laxfisk och kompensationsodling. Under denna tid och fram till 1980-talet odlade vi fisk i så kallade genomflödessystem på land, där fisken hölls i dammar eller tråg. Fördelen med tråg var att de också kunde placeras inomhus.

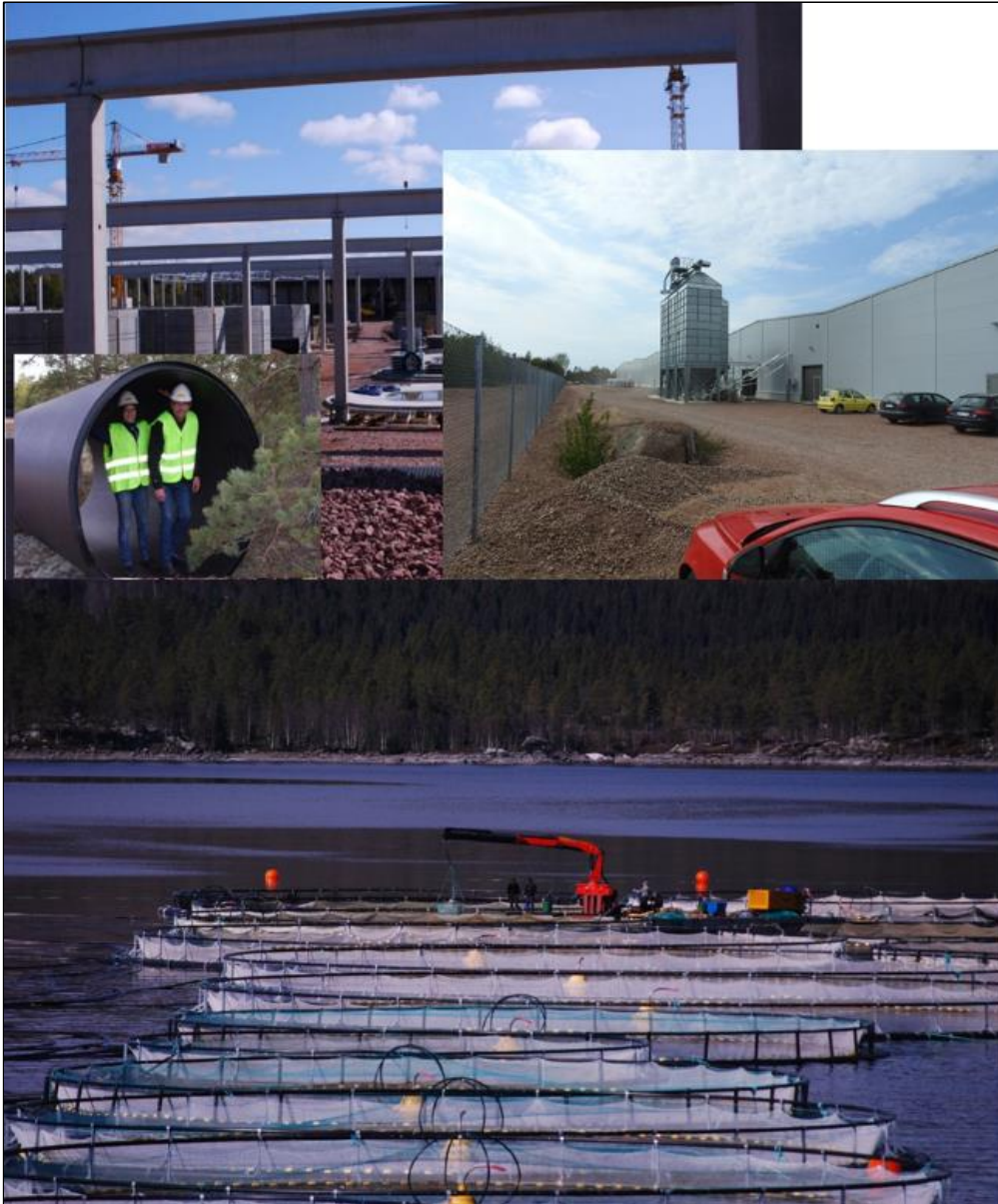
Från 1970-talet och framåt ökade intresset i Sverige att producera matfisk i nätkassar i sjöar och vattendrag. Det var utvecklingen av den norska laxodlingen i kassar som drev på denna utveckling. Det är lite av en paradox att starten av den Norska odlingen byggde i mångt och mycket på kunskap runt laxens tidiga stadier som tagits fram i Älvkarleby och på sättfisk transporterad från svenska odlingar. När svenska aktörer sedan ville följa Norges exempel med öppna kassar för stor matfisk uppstod problem. Varken myndigheter eller odlare hade tänkt på att den norska kassodlingen skedde i direkt kontakt med öppet hav i Atlanten och Ishavet, dit överskottsning fördes bort av tidvatten och havsströmmar. Öppna hav har en naturlig förmåga att assimilera sådana extra näringstillskott. I Sverige skedde mycket av odlingen i insjöar och i Östersjöns grunda vikar, som på grund av jordbruk och samhällen redan var övergödda. Näring från fiskodlingen blev därför ett ytterligare övergödningsproblem i dessa vatten. Med andra ord så förstod man inte att det fanns samma utmaningar med fiskodling som med övriga jordbruket, det vill säga att odlingen behövde lokaliseras till rätt plats där miljöeffekterna blev så små som möjligt. Något som även normmännen fick lära sig från laxodlingar som lagts för nära land i trånga fjordar.

Idag vet vi att en kassodling med fisk, placerad på rätt ställe inte bara utgör en utmärkt och ekonomiskt lönsam matproduktion, utan kan även bidra till det omgivande ekosystemets biodiversitet och välmående. Mer om detta senare i texten. Vi vet också från senare studier<sup>5</sup> att spåren i miljön efter en kassodling assimileras av omgivande ekosystem redan inom ett par månader i marin miljö. Men att denna process kan ta upp till 20 år i Östersjön och våra inlandsvatten,

---

<sup>5</sup> 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. Se även Slutrapport Partikel- och slamhamtering i semislutna kassar "Miljökassen", jnr. 2016-3362, Jordbruksverket.

beroende av temperatur och omgivande bottenfauna. Något som i jämförelse med annan mänsklig aktivitet egentligen är en ganska kort tid.



*Bild 2. Övre bilden visar byggandet av en så kallad RAS (landbaserad fiskodling) för produktion av 3.000 ton regnbåge per år, belägen på Åland.. Den nedre bilden visar en kassodling dimensionerad för samma produktion, här belägen i en svensk kraftverksdam i nordvästra Jämtland. Oavsett produktionsform behövs ungefär samma mark/vatten areal  
Bilder A. Kiessling*



## 2. Fiskodling i Norrlands inland erbjuder både jobb och ökad grad av självförsörjning



*Bild 3. En mindre (300 ton/år) fiskodling i Slussfors (Stor Umans kraftverksmagasin) i Västerbottens inland. Observera den typiska strandzonen (se även bild 7). Bild A. Kiessling.*

Sverige har under nästan tio år haft en trend med minskande odlingsvolym, till under 10.000 ton röding och regnbåge 2020, varav >95 procent är kassodlingar i reglerade vatten, det vill säga kraftverksdammar. Vi ser nu motsatt trend från 2020-21 med en 20-procentig ökning<sup>6</sup> och produktionen i dessa system förväntas överstiga 20.000 ton redan om några år, förutsatt att nya/förnyade tillstånd nyttjas<sup>7</sup>. Från att ha kännetecknas av en utbredd pessimism finns nu en framtidstro hos Norrlands fiskodlare, en framtidstro som kan komma Norrlands inland till del i form av en levande landsbygd. Vi vet från såväl Åland som Norges landsbygd<sup>8</sup> att

---

<sup>6</sup> Statistik myndigheten SCB

<sup>7</sup> Matfiskodlarna, W. Hansen

<sup>8</sup> Fiske og havbruk som økonomisk motor i norske regioner  
Kandidatuppsats\_NEK\_22\_Januari\_2020\_Petter\_Eke.

betydelsen av en växande fiskodling inte skall underskattas då den ger goda möjligheter att behålla samhällsservice. Ett bra exempel finner vi också i Sverige där fiskodlingsföretaget Umlax AB bestämde sig för att komplettera sin odling med en beredningsanläggning i Vilhelmina och därmed blev kommunens största privata arbetsgivare.

Den vikande trenden för svensk fiskodling kan framförallt förklaras med att våra miljöprövningsdelegationer och miljödomstolar har saknat bra beslutsunderlag och därför agerat utifrån försiktighetsprincipen att hellre fälla än fria ansökningar om odlings- och miljö tillstånd. Idag ser vi en förändring i myndigheternas attityd och miljöbedömning, vilken till stor del är resultatet av ett allt närmare samarbete mellan forskare och näring, där faktabaserad kunskap ersätter självutnämnda experters påståenden. Genom att systematiskt ta fram kunskap om kraftverksdammens vattenkemi och biologi, kombinerat med forskning mot nya cirkulära och effektivare foder och tekniker för hantering av fiskens gödsel samt en ökad förståelse för förebyggande fiskhälsa, kan vi skapa nya förutsättningar för hållbar och långsiktig fiskodling i öppna system. Att detta är en bedömning som också delas av miljörelsen manifesteras av att svensk regnbåge som odlas i dessa system, nu blivit grönmärkt i WWFs fiskguide, något som innebär att den också fått grönt ljus hos majoriteten av aktörer inom svensk detaljhandel och restaurangbranschen (se bild 5). Även om en ökning från 10.000 till 20.000 ton i årlig produktion av regnbåge och röding sker i Svenska kraftverksdammar, utgör det enligt SLUs forskare endast en tiondel av det som teoretiskt skulle kunna odlas uthålligt i Svenska reglerade vatten<sup>9</sup>. Detta skulle motsvara ett värde på runt 10 miljarder i primärledet som hel rensad regnbåge, 30 miljarder i butik (se bild 5) och motsvarar i tonnage den totala fiskkonsumtionen i Sverige eller tre gånger den svenska laxkonsumtionen. Detta är en outnyttjad potential! Och än mer om vi räknar in möjligheten till värdeökning genom vidareförädling och i form av sekundäreffekter i omgivande ekonomi.

*En väl utvecklad och miljöanpassad kassodling i våra kraftverksmagasin skulle därmed kunna säkra framtida proteinbehov hos den svenska befolkningen under månader till år även vid en total isolering från omvärlden.*

---

<sup>9</sup> SOU 2009:26, Det växande vattenbrukslandet

## 2.1. Kassodling erbjuder ett klimatsmart livsmedel

Fodret är all djurproduktions akilleshäls när det gäller klimatavtryck, oavsett odlingsform. Här sker dock mycket och svensk forskning ligger långt fram (se också längre fram i texten). Däremot när det kommer till klimatsmart så behöver en produktion av 1.000 ton regnbåge odlad i en kasse i en kraftverksdamm mindre energi än ett radhus per år, medan en modern industriell och storskalig, landbaserad recirkulerande odling (RAS) för laxfisk, med en slaktvikt över 3 kg, behöver i snitt 7,5 GWh per år för samma odlingsvolym<sup>10</sup>. Det motsvarar elförbrukningen hos nästan 400 svenska normalvillor. RAS-odling av mindre fiskar av varmvattensarter som abborre, ål-mal och tilapia med mera är däremot betydligt mer energisnålt då de har helt andra krav på vattenutbyte jämfört med laxfiskar. Vidare är ekonomiska och strukturella investeringar låga för en kassodling i jämförelse med en industriell RAS-produktion som kräver storskaliga och specialanpassade byggnader och därmed markberedning i form av sprängning, markavvattning, bortledning av grundvatten, skogsavverkning och slutligen markbeläggning<sup>11</sup>. Det kan lämna spår som kanske aldrig försvinner i naturen (Bild 2) vilket i sin tur riskerar permanent påverkan på de omgivande ekosystemens biologiska mångfald och funktion. Detta innebär också att en



*Bild 4. Bakre bilden är från Landösjöns fiskodling som har levererat röding till både slott och koja. Fisken är en regnbåge från Älvdalens fiskodling och en del i projektet 5 Ton Grön Fisk i Disk, som är ett samarbete mellan SLUs forskare, Axfoundation och näring för att ta fram ett Svenskt kretsloppsfoder som bidrar till att minska Östersjöns övergödning och samtidigt ge en odlad fisk med smak som en vild. Bild S.Dunlop (bakgrund) och A.Kiessling*

<sup>10</sup> Nistad.A.A. 2020. Current and Future Energy Use for Atlantic Salmon Farming in Recirculating Aquaculture Systems in Norway

<sup>11</sup> Se t.ex. Gigantiska laxodlingen utanför Säffle försenad – men ska bli av | SVT Nyheter

storskalig RAS ofta kräver internationellt kapital, medan kassodlingens lägre investerings och driftskostnader öppnar möjligheten för mer lokala initiativ och finansiering, med potential för snabbare integrering i lokalsamhället. Även här skiljer de mer småskaliga "on farm" RAS ut sig. Dessa utnyttjar ofta redan befintliga byggnader på gården eller nya byggnader som ansluter till gårdens övriga ekonomibyggnader. Denna typ av mer småskalig "on farm"-odlingar av varmvattensarter växer nu fram i Sveriges södra och mellersta jordbruksbygd som en integrerad del av gårdens övriga lantbruk och kompletterar väl den mer traditionella kallvattensodlingen av laxfisk i våra kraftverksmagasin samt miljövänlig odling av blåmussla och ostron på västkusten (se bild 5). Utöver detta ser vi nu också ett växande intresse att odla såväl miljövänliga makroalger på västkusten som liten blåmussla på ostkusten, vilket fungerar utmärkt ända upp till Åland, där salthalten sen blir för låg för musslan.



*Bild 5. Är framtidens fiskdisk redan här? Bilden är tagen i en fiskdisk i NV Stockholm mars 2023 och visar kassodlad röding och regnbåge från norrländska kraftverksdammar, odlad abborre från en "on farm" sluten odling på en spannmålgård på östgötaslätten samt odlad blåmussla från den svenska västkusten (inklippt bild). I bildens övre högra hörn skymtar också nyfångad hel och filead strömming från Östersjön. Bara lite längre bort i kyldisken hittar vi också vakuumpackad rökt ål-mal, odlad i sluten "on farm" fiskodling på skånska bondgårdar. Bild A.Kiessling*



### 3. Odling och det omgivande ekosystemet

Nackdelen med en kassodling är samtidigt dess styrka, den nära kontakten med den omgivande vattenmiljön. I paritet med övrig djurhållning i lösdrift underlättar detta möjligheterna att förse fisken med kontinuerligt friskt och rent vatten, samtidigt som odlingen tar hänsyn till naturliga dygns- och säsongsvariationer. Kopplat till detta finns självfallet en risk att vi får en negativ kontakt mellan den odlade och den vilda fisken, något som illustreras i figur 2 och diskuteras mer längre fram i texten. En viktig bonus är att laxfisk är både nyttig och god att äta, där fisk från våra norrländska vatten har en erkänt hög gastronomisk kvalitet och med rätt foder bedöms av våra bästa kockar smaka som viltlevande fisk. Det är ingen slump att odlad röding från just dessa vatten har serverats på såväl kungliga slottet som på Nobelmiddagar (bild 4).

#### 3.1. Odlad fisk är inte bara mat

Fiskodling har även stor betydelse för många människors rekreation och friluftsliv. Utsättning av odlad laxfisk utgör grunden för en stor del av svenskt fritidsfiske genom att tillhandahålla fisk till bland annat så kallade ”put and take”-vatten. Utsättningsfisk är idag en bristvara, något som blev tydligt under pandemin när intresset för ”put and take” formligen exploderade.



## 3.2. Odlad och vild i samma vatten

### 3.2.1. Rymning och utsättning

Det finns alltid en risk att odlad fisk, som är anpassad för ett liv i fångenskap, rymmer och beblandar sig med eller stör den vilda fisken. Samma gäller för fisk som medvetet sätts ut för sportfiske eller kompensation, som också har varit i människans vård. Från Norge vet vi att en förrymd och domesticerad lax kan komma att föröka sig med en vild artfrände, men att den såväl som avkomman har en sämre överlevnadsförmåga jämfört med sina vilda förfäder och släktingar<sup>12</sup>. En odlad Atlantlax kommer därför högst sannolikt konkurreras ut av den vilda laxen, men den kan trots detta störa den vilda fiskens lek, sprida sjukdomar och påverka födotillgången. Samma typ av risker har vi i Sverige med den odlade rödingen, som liksom den norska laxen har sitt ursprung i inhemska populationer, där den domesticerade svenska fjällrödingen, ”Arctic Superior” har sitt ursprung från Hornavan<sup>13</sup>. Trots att det idag är få eller inga kassodlingar nära vilda bestånd av röding, utvecklas kontinuerligt tekniker för att minimera rymning, men också ansatser för att sterilisera den odlade fisken så att den vare sig kan eller vill reproducera sig naturligt<sup>14</sup>.

Regnbågen har inte denna utmaning i Sverige. Dels har den odlade regnbågen en låg överlevnadsförmåga i det vilda och är en dålig jägare jämfört med vild fisk<sup>15</sup>. Vidare så leker regnbågen på våren, medan alla våra inhemska laxarter leker på hösten, så även om en förrymd regnbåge försöker vandra till lekplatserna så finns det ingen annan laxfisk där som påverkas. Oavsett lektid kan ändå förrymd fisk söka sig till andra fiskars lekplatser för att äta deras rom, något som är väl känt från andra fiskarter i Sverige, och gäller även vild regnbåge i sin naturliga miljö i västra Nordamerika, där regnbågen har sitt ursprung. Det här är därför ett område som

---

<sup>12</sup> Scott, M. A., R. S. Dhillon, P. M. Schulte, and J. G. Richards. 2015. Physiology and performance of wild and domestic strains of diploid and triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in response to environmental challenges. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 72:125-134.

<sup>13</sup> Rödingavel En summering av det Svenska avelsprogrammet från 1982-2011. 2011. Brännes E., Nilsson J. & Eriksson L-O. Sveriges Lantbruksuniversitet Rapport 9 Institutionen för Vilt, Fisk och Miljö

<sup>14</sup> Cotter, D., V. O'Donovan, N. O'Maoileidigh, G. Rogan, N. Roche, and N. P. Wilkins. 2000. An evaluation of the use of triploid Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in minimising the impact of escaped farmed salmon on wild populations. *Aquaculture* 186:61-75.

Johnson, M. A., D. L. G. Noakes, T. A. Friesen, A. H. Dittman, R. B. Couture, C. B. Schreck, C. Banner, D. May, and T. P. Quinn. 2019. Growth, survivorship, and juvenile physiology of triploid steelhead (*Oncorhynchus mykiss*). *Fisheries Research* 220.

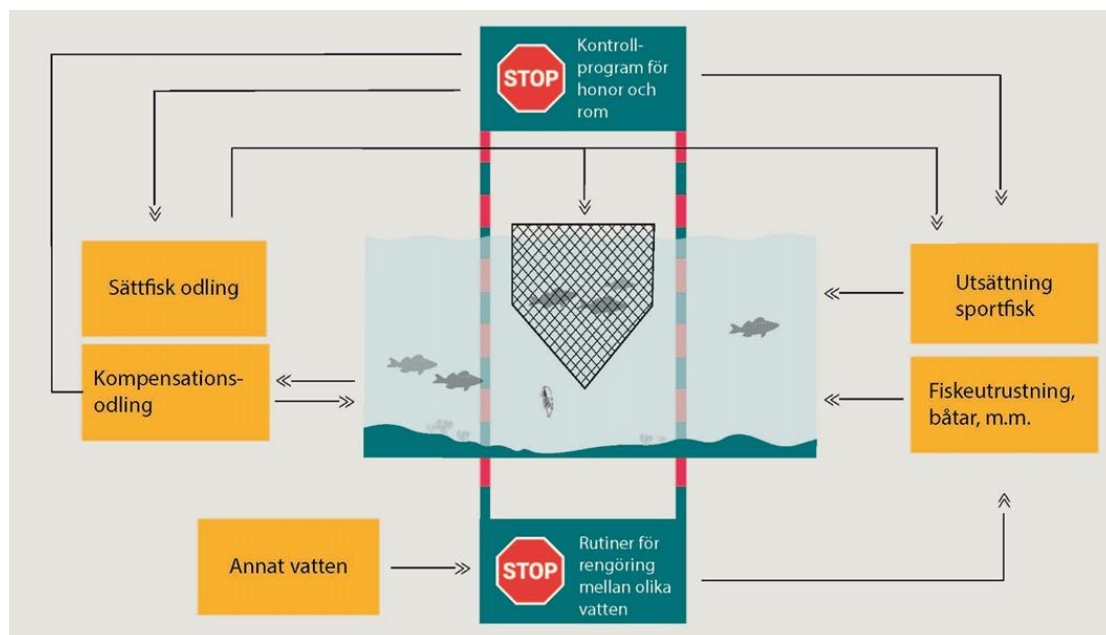
<sup>15</sup> Scott, M. A., R. S. Dhillon, P. M. Schulte, and J. G. Richards. 2015. Physiology and performance of wild and domestic strains of diploid and triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in response to environmental challenges. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 72:125-134.

Blanchfield, P. J., L. S. Tate, and C. L. Podemski. 2009. Survival and behaviour of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) released from an experimental aquaculture operation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 66:1976-1988

forskare både vid SLU och Umeå universitet vill veta mer om. Det har också framförts risker med att rymd regnbåge skulle kunde etablera vilda bestånd som i sin tur har förmågan att konkurrera ut våra naturliga laxarter. Dock talar 120 år med talrika försök att få regnbåge att etablera sig i våra vatten för sportfiskeändamål för sig självt, då alla har misslyckats. En studie gjord för att förstå just dessa risker<sup>16</sup> drog slutsatsen att en av anledningarna till regnbågens oförmåga att etablera vilda bestånd hos oss beror på att regnbågen leker på våren och härigenom så är deras avkomma så liten på hösten att den inte klarar av att konkurrera med våra inhemska öringar. De hinner inte heller samla tillräckliga reserver för att klara vår långa vinter. Dock kan detta ändras med tiden i samband med ett förändrat klimat, och därför har många odlare redan börjat använda steril regnbåge i sina odlingar som en förbyggande försiktighetsåtgärd.

### 3.2.2. Frisk fisk är ett måste både i odling och i det vilda

Den största återstående utmaningen för att kunna ge ett acceptabelt kunskapsunderlag för miljöbedömning, och en samlad ”cost benefit”-analys baserad på vetenskap och beprövad erfarenhet, är sjukdomar. Förståelse av smittvägar för smittspårning och utformning av kontrollprogram för avelsfiskarna



Figur 2 En schematisk bild över möjliga smittvägar för sjukdomar i svenska inlandsvatten hos och mellan vild och odlad fisk, samt smittskyddsåtgärder i "pipe line" eller redan implementerade. Illustration av Ulrika Jansson Klintberg, efter bild A.Kiessling.

har nu hög prioritet (Fig. 2). Vi vet från studier från bland annat Island<sup>17</sup> och

<sup>16</sup> AquAliens, Slutrapport från forskningsprogrammet - främmande arter i våra vatten, 2008-01-31.

<sup>17</sup> Sammanfattas i "Smitta av BKD hos och mellan odlad och vild fisk". 2022. Xenia Vincze. Examensarbete SLU, Inst. Husdjurens Utfodring och Vård, Agronomprogrammet – husdjur, Uppsala 2022.

Norge<sup>18</sup> att våra viktigaste sjukdomar som BKD<sup>19</sup> och IPN<sup>20</sup> bekämpas mest effektivt genom ett utbyggt kontrollprogram för avelsfisken<sup>17</sup>. Med andra ord, endast frisk fisk eller rom överförs till odling och utsättning. Samtidigt tror vi att det kan finnas en risk för smitta från vilda fiskpopulationer, där smittan sedan tar start i odlingens koncentrerade populationer för att sen även kunna återföra smittan till den vilda fisken. Vår kunskap om den risken är bristfällig och är ett viktigt fokus i SLUs och SVAs gemensamma satsning mot veterinärmedicin för fisk (läs mer på SLU Aquaculture<sup>21</sup>). Alla idag kända sjukdomar hos odlad fisk har sitt ursprung hos den vilda fisken i våra hav. Det är därför extra viktigt att kontrollera transporter och kontakter mellan våra inlandsvatten och marina vatten, då de kan utgöra möjliga smittvägar genom kontaminerad utrustning och båtar (se<sup>17</sup> och Fig.2). Parasiten laxlus i Norge är ett talande exempel på vikten av att bryta smittvägarna mellan vild och odlad fisk, och att bara ha frisk fisk i odlingen<sup>22</sup>. Parasiten Gyrodactylus och kräftpest är andra exempel på hur smittan kan överföras mellan vatten genom utsättning av smittade djur och/eller reservoar för smittämnen. Vi vet att till exempel BKD-bakterien överlever mycket längre utanför fisken om den kan associera med en partikel<sup>17</sup>. Den kommer sedan att hamna i sedimentet där bottenlevande djur äter av sedimentet och därefter blir mat åt små fiskar som sen blir mat åt större fiskar. Sedimentet under odlingen är härigenom en möjlig riskfaktor för smitta från odlingen till vild fisk och skulle kunna fungera som en reservoar av smittoagens (bakterier/virus). Studier indikerar att just bottenätande fisk som sik kan plocka upp smittan den vägen, medan rovfisk som i sin tur lever på dessa fiskar inte uppvisar en ökad smitta<sup>23</sup>.

Vi måste nu följa upp dessa studier för att utreda vad som är stort och smått i dessa observationer och det är därför glädjande att KSLA<sup>24</sup> har dedikerat 2022s Wallenberg professur till Prof. Østein Evensen<sup>25</sup> att under minst 4 år arbeta med oss här i Sverige på deltid. Glädjande är också att SLU och SVA satsar på ett utökad samarbete för att utveckla en akademisk bas med fokus på fiskhälsa, smittskydd,

---

<sup>18</sup> Madhun AS, Karlsen Ø, Nilsen R, Kvamme BO. Annual report on health monitoring of wild anadromous salmonids in Norway - Screening of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolts for viral infections 2021, Institute of Marine Research, <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-en-2022-6>.

<sup>19</sup> Bakteriell njurinflammation.

<sup>20</sup> Infektiös pankreasnekros.

<sup>21</sup> <https://www.slu.se/en/Collaborative-Centres-and-Projects/slu-aquaculture/>

<sup>22</sup> Torrissen O, Jones S, Asche F, Guttormsen A, Skilbrei OT, Nilsen F, Horsberg TE, Jackson D. Salmon lice-impact on wild salmonids and salmon aquaculture. *J Fish Dis.* 2013 Mar;36(3):171-94.

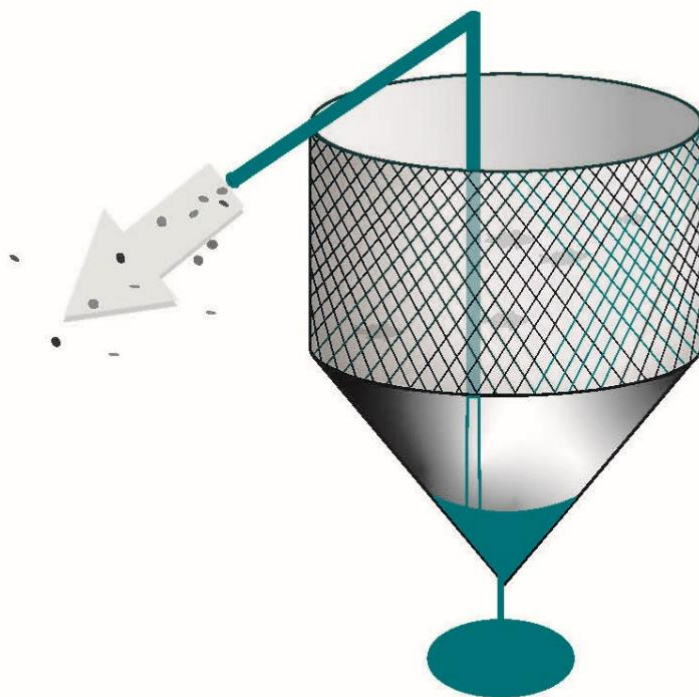
<sup>23</sup> Prevalence and distribution of *Renibacterium salmoninarum* in non-salmonid fishes from Laurentian Great Lakes and inland habitats. 2020. G J. Byford, M Faisal, R J. Tempelman & K T. Scribner. *J. Great Lakes Res.* 46: 1709-1715.

<sup>24</sup> Kungliga Skogs och Jordbruksakademin

<sup>25</sup> Prof. Ö. Evensen har sin ordinarie tjänst vid Norges Miljö och Biovitenskaps universitet och är en av Norges mest erfarna veterinärer inom fiskodling

kontrollprogram och kunskap runt olika smittvägar med målet att förebygga smitta och bättre bedöma risker.

Ett teknik- och miljö-projekt som kan få betydelse för att bryta smittkedjor är projektet Miljökassen<sup>26</sup> (Fig.3). Det är ett projekt som syftar till att utveckla och utvärdera teknik för att återta partiklar (gödsel och oätna pellets) under en kassodling. Utöver att minska risken för sedimentansamling under kassen och därmed näringsläckage så indikerar ovan nämnd forskning möjligheten att man också kan minska risken för smitta mellan odlad och vild fisk, framförallt för sjukdomen BKD samtidigt som man också kan minimera risken för spridning av medicinrester.



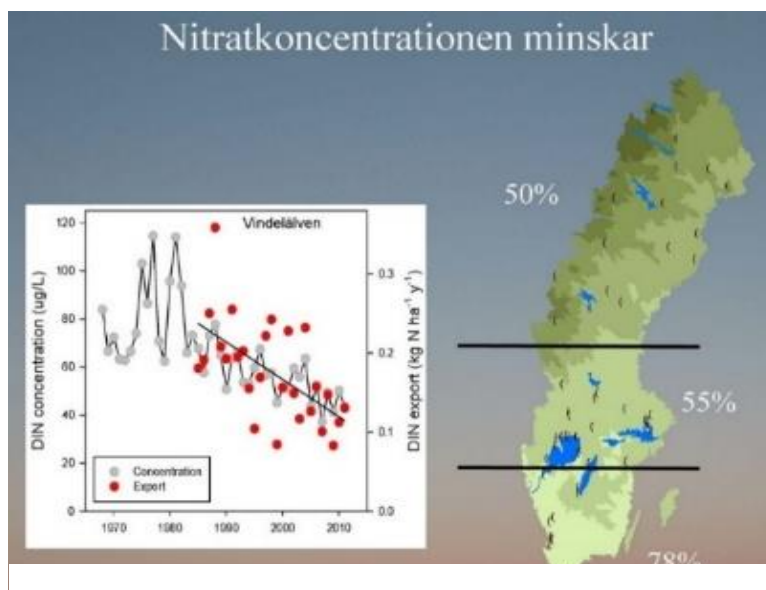
*Figur 3 Projekt "Miljökassen", återtag av gödsel och spillfoder från kassodling av fisk. Dessutom reduceras risken för spridning av partikelbunden bakterier och virus samt läkemedelsrester. Illustration av Ulrika Jansson Klintberg, efter bild A.Kiessling*

<sup>26</sup> <https://www.slu.se/fakulteter/vh/forskning/forskningsprojekt/vilt-och-fisk/miljokassen/> och Slutrapport Partikel- och slamhantering i semislutna kassar "Miljökassen", jnr. 2016-3362, Jordbruksverket.

### 3.3. Närsalter – ett gissel eller en välsingelse

#### 3.3.1. Närsalter och klimateffekten

Data från miljöövervakning av våra inlandsvatten (samlade hos SLU<sup>27</sup>) visar att vi de senaste 30 åren har haft en kraftig nedgång av halten närsalter. Detta har länge uppmärksammats av limnologer i såväl Sverige som Kanada, med motsvarande natur, jämte kopplade risker för utarmade ekosystem<sup>28</sup>. Denna typ av "oligotrofiering" kan vara positivt i odlingslandskapet och urbana områden, där vi sedan nära 100 år har byggt upp ett stort näringsöverskott. I vatten som avvattnar skog och fjäll, det vill säga majoriteten av våra norrländska älvar, är situationen däremot helt annorlunda. Här ser vi idag att halter av näring som bara fortsätter att minska och nu har nått drastiskt låga halter även i de vattendrag som är minst påverkade av människan, med Vindelälven som ett påtagligt exempel (Fig.4, se även fig.7 för fosfor i Ångermanälven). Den förhärskande teorin är idag att denna generella nedgång i näringshalter kan knytas till ett ökat näringsbehov i våra skogar som drivs på av ett varmare klimat, samt ett allt intensivare skogsbruk kombinerat med minskad erosion då alltmer av kalfjället täcks av växter. En ytterligare möjlig



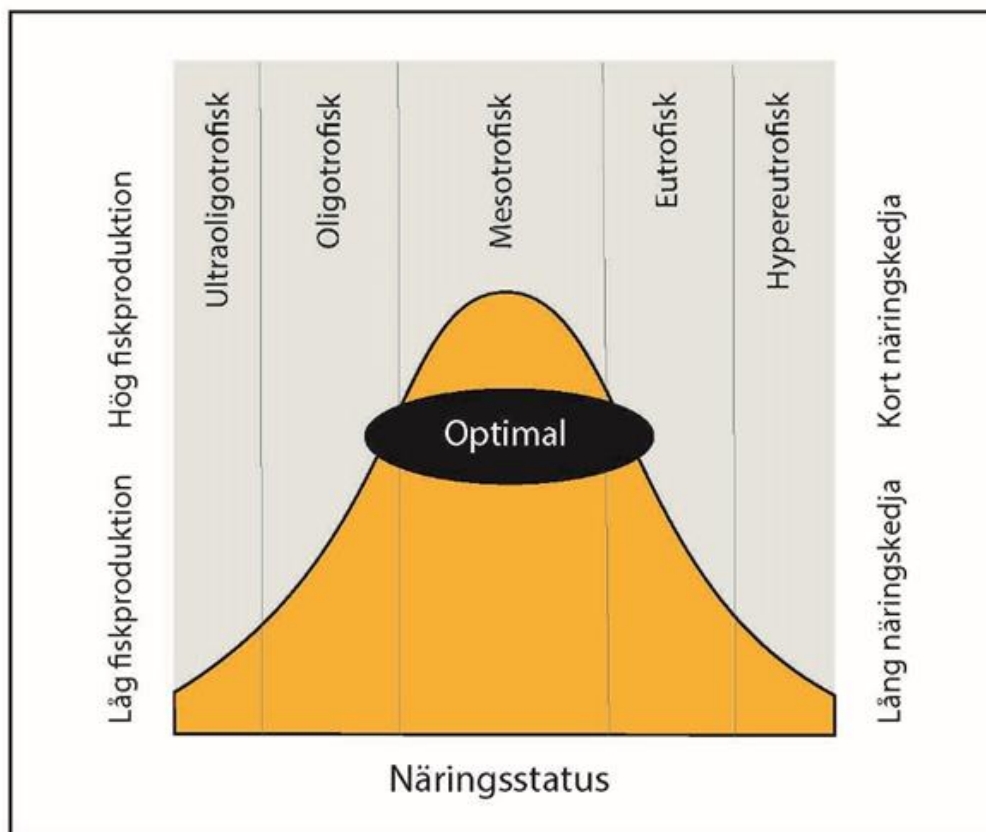
Figur 4 N i skogens avrinning, en jämförelse av ändring från 1970 - 2010. Illustration H. Laudon, efter Sponseller et al. 2016. Samma effekt finner vi också för fosfor, e.g. Huser et al., 2018.

faktor och som gör situationen än mer allvarlig, är att våra norrländska vatten har naturligt höga halter av aluminium och ökande mängder av järn, vilket innebär att om fosfor inte binds in i organiskt tillgängligt material i strandzonen (se också lägre fram i texten om kraftverksdammar) så kommer den reagera med detta aluminium och järn ute i den fria vattenmassan och bli biologiskt otillgänglig. Från en första pilotstudie i Ströms Vattudals vattenmagasin, inom projektet Miljökassen<sup>26</sup>, fann vi att bara en mindre del av fosfor i sedimentet är

<sup>27</sup> <https://www.sverigesvattenmiljo.se/karta#5/63.566/16.990/0/all/all/all/none/none>

<sup>28</sup> J. G. Stockner, E. Rydin, and P. Hyenstrand, 2000. Cultural Oligotrophication: Causes and Consequences for Fisheries Resources, Fisheries habitat-perspective Vol 25 no. 5, pp 7-14

tillgänglig för biologisk produktion, då det i stor utsträckning är hårt bundet till aluminium och järn. Detta var oberoende om mätningen gjordes uppströms, under eller nedströms fiskodlingen, med den skillnaden att totala mängden fosfor var större i sedimentprover tagna direkt under fiskodlingen. Denna pilotstudie indikerar att fosfor i sedimentet i dessa miljöer är betydligt hårdare bunden än i sediment under och nära fiskodlingar i såväl Bottenhavet<sup>5</sup> som själva Östersjön. Hur tillgängligheten av sedimentbunden fosfor kan ändras över tid och med ändringar i miljön i dessa vatten är nu föremål för mer detaljerade studier av SLUs forskare. I dessa studier vill man få en ökad förståelse för underliggande mekanismer för fosfors omsättning och kretslopp i dessa vatten, liksom hur en ändring i tillförsel av tillgänglig fosfor påverkar dess kretslopp och därmed också systemets förutsättningar för biologiska produktion (Illustreras i Fig.5).



Figur 5 Relation mellan fiskproduktion (y-axeln) och näringsstatus (X-axeln) och näringskedjans längd (2a Y-axeln) i insjöar. Illustration Ulrika Jansson Klintberg efter Stockner 1998 och Stockner et al. 2000<sup>26</sup>.



### 3.4. Kraftverksdammen



*Bild 7. Lågvatten i Trängslets (överst) och Storumans (nederst) vattenmagasin i Dalälvens-, respektive Umeåälvens avrinningsområde, som väl visar den för kraftverksdammar typiska biologiskt döda strandzonen Bild Fam. Beronius (överst) och Tina Hedlund (nederst).*

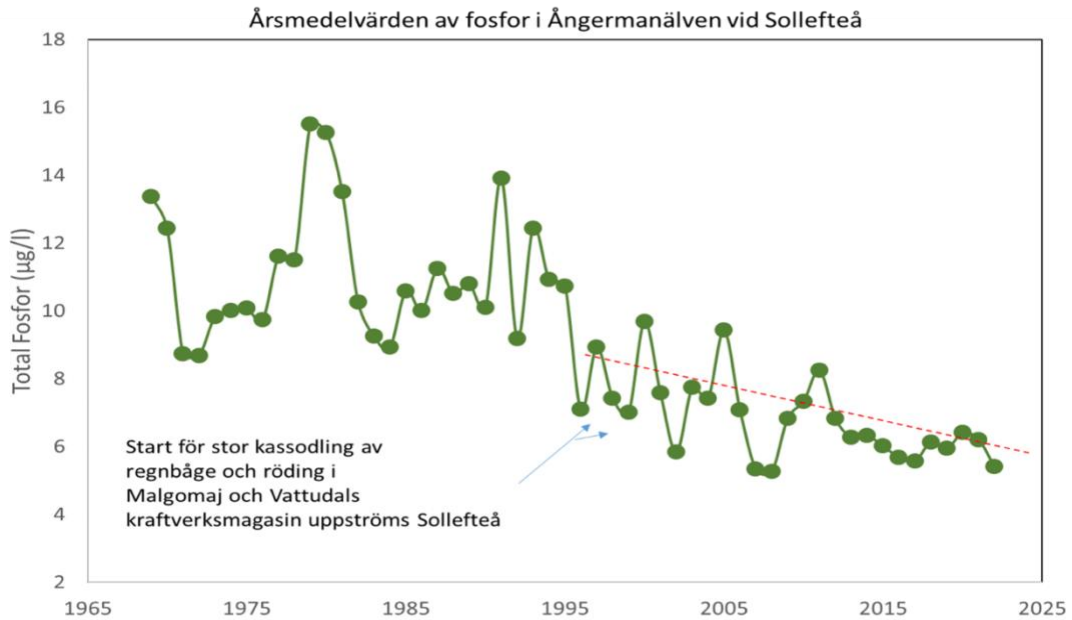
#### 3.4.1. Kraftverksdammen tappar näring

Från långtidsstudier (Fig.6) vet vi att närsalterna (främst fosfor och kväve) lakas ut ur kraftverksmagasin efter en reglering, med en topp i pelagialen (fria vattenmassan) de första femton åren, för att sedan sjunka och stabiliseras på en onaturligt oligotrof (näringfattig) nivå. Detta beror på att upprepad och oregelbunden torrläggning av stränderna skadar eller helt slår ut strand-zonens vegetation och näringsväv (Bild 7). I en naturlig sjö utgör denna zon en viktig och mycket produktiv del av ekosystemet (illustreras i Fig.8).

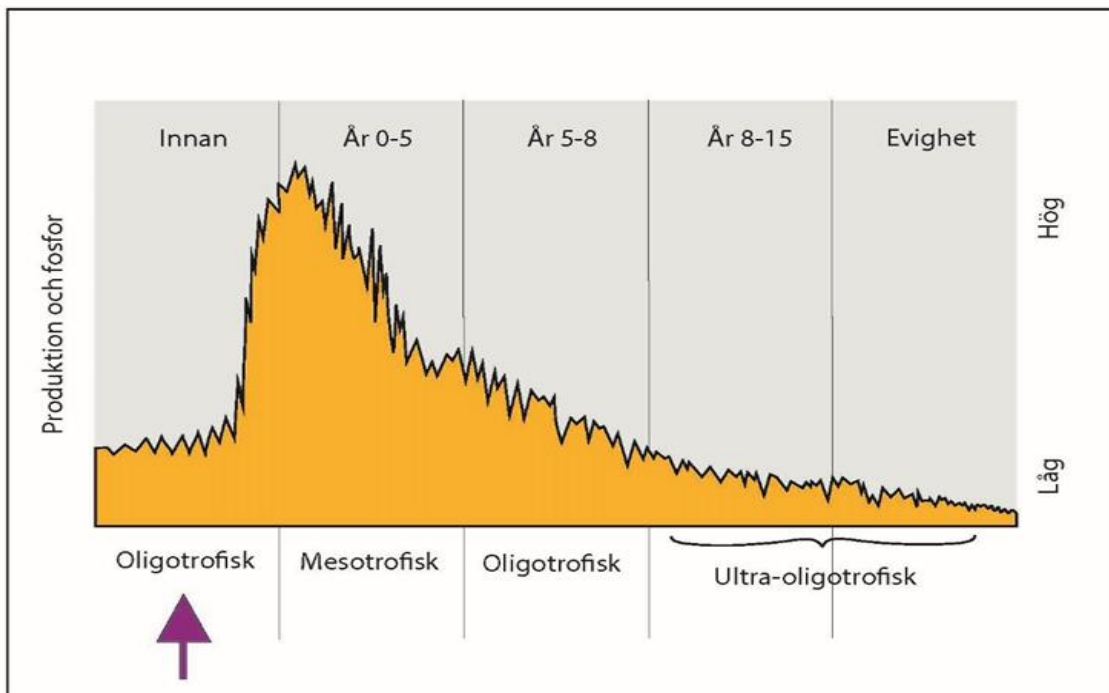
#### 3.4.2. Näringsväv i naturvatten kontra kraftverksdammen

I den produktiva "littoral" zonen fångas näring in av strandvegetationens bentiska alger (bottenlevande) som i sin tur utgör en födobas för bakterier och andra nedbrytare samt bottenlevande insekter och kräftdjur som är en viktig födoresurs för många fiskarter (Illustreras i Fig. 8).





Figur 6 Förändring i total fosfor (Tot-P  $\mu\text{g/l}$ ) i Ångermanälven, Sollefteå. Detta vatten avvattnar såväl Vattudals som Malgomaj kraftverksmagasinen där man från 2009 odlar sammanlagt 6.000 ton regnbåge och röding. Pilen indikerar när repektive odlings startade. I likhet med Fig. 4 för kväve ser vi också här ett tydligt trendbrått runt mitten av 1990-talet, från en hög stadig men fluktuerande nivå till en i princip linjär nedgång i P halt för vart år. Data hämtad från Miljödata MVM, SLU.

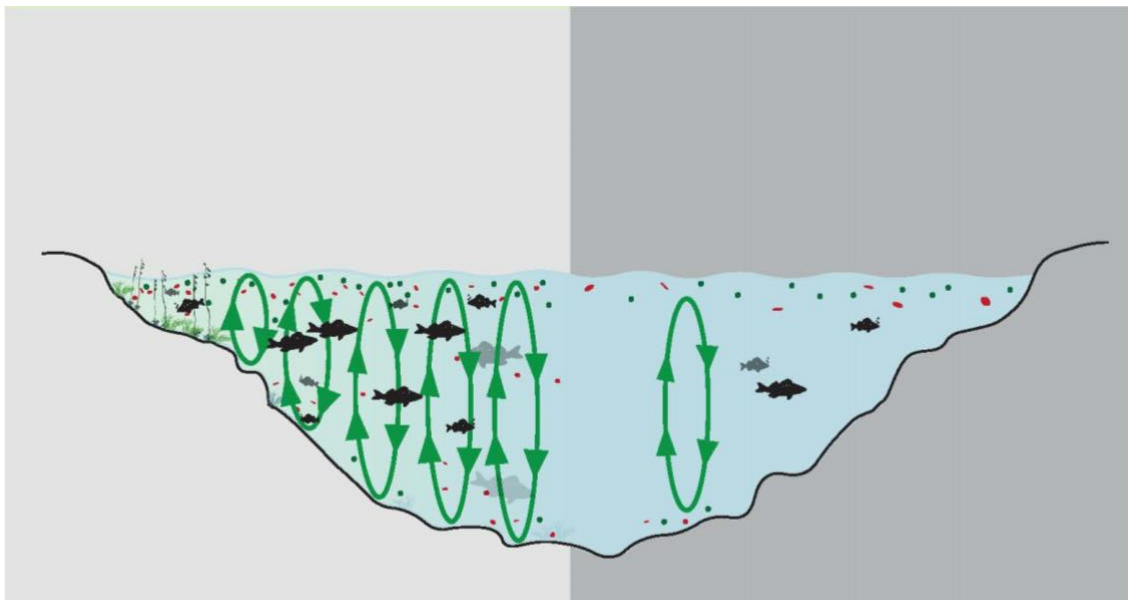


Figur 7 En schematisk tidsserie av biologisk produktion och halt av fosfor (Y-axel) över tid efter uppdamning av en naturlig älvsjö (X-axeln) till ett vattenmagasin. Vi ser en initial urlakning av näring som resulterar i en hög halt i vattenmassan (år 0-5) som sen övergår i en kontinuerlig reduktion av tillgänglig fosfor. (illustration Ulrika Jansson Klintberg efter Stockner et al. 2000<sup>26</sup>).

Vattenregleringen har med andra ord stöpt om födoväven från litoral (strand) till pelagial (öppet vatten) dominans, där den sistnämnda är typisk för öppna hav eller mycket stora sjöar med liten landkontakt. Detta i kombination med den generellt sjunkande halten av näringsämnen i alla våra inlandsvatten (Fig.4 och 7) blir resultatet att vi får en extrem näringsbrist i våra kraftverksdammar med minskad biologisk produktivitet och mångfald som följd (Fig.5 och 8). Detta begränsar i sin tur fiskens födotillgång och skapar populationer av ”tusenbröder” med små och långsamtväxande individer<sup>29</sup>.

### 3.5. Hur kan en kassodling leverera en miljötjänst?

Ett undantag från ekosystemeffekter i dessa onaturligt oligotrofa (näringsfattiga) vatten som beskrivs ovan, tycks nu skönjas i magasin som länge har haft öppen



Figur 8 Närsaltarnas kretslopp i en naturlig sjö (vänstra halvan av bilden) med en väl fungerande strand (litoral) zon där nersköljda närsalter från omgivande land fångas upp och byggs in i växter, bakterier och algmattor som utgör basen i sjöns födoväv. Den matar i sin tur mindre kräftdjur som blir föda till små fiskar och sen stora fiskar på djupare vatten. Till höger illustreras hur avsaknad av en biologiskt (levande) strandzon gör att samma närsalter istället fortsätter ut på djupt vatten i mineralform och där bildar svårösta komplex med fria aluminium och järnjoner. Dessa komplex är svåra till omöjliga att sen använda som näring till vare sig växter (mikroalger) bakterier eller andra bottenlevande insekter. Detta gör att inte bara produktionen i strandzonen är borta utan även produktion av mikroalger ute i den fria vattenmassan blir mycket låg och därmed tynar alla möjligheter till en fungerande näringsväv bort. Illustration av Ulrika Jansson Klintberg, efter bild A.Kiessling

<sup>29</sup> Norman S., Nilsson, K A., Klaus, M, Seekell, D., Karlsson, J. and Byström, P. 2022. Effects of Habitat-Specific Primary Production on Fish Size, Biomass, and Production in Northern Oligotrophic Lakes. Ecosystems, <https://doi.org/10.1007/s10021-021-00733-6>

fiskodling<sup>30</sup>. Med andra ord vatten där organiskt tillgänglig näring kontinuerligt och under lång tid har tillförts omgivande vatten. Detta stämmer väl överens med såväl Svenska som Nordamerikanska studier där man tillfört konstgödning till kraftverksdammar och fått en signifikant och positiv ökning av den biologiska produktionen<sup>28 och 31</sup>. En central målsättning är därför att utvärdera om biologiskt tillgänglig näring från fiskodling kan öka ekosystemets produktivitet och därmed tillväxten hos de vilda fiskbestånden, kopplat till en ökning av pelagiska mikroalger och bakterier. Det som ett alternativ till föda som i en naturlig sjö kommer från strandzonen, vilken i reglerade kraftverksdammar är permanent utslagen (Bild 7).

Med andra ord, kan fiskodlingen också utföra en miljötjänst<sup>32</sup>. Detta är speciellt intressant då ny forskning<sup>33</sup> visar att fiskens gödsel utöver näringsämnen innehåller biologiskt aktiva metaboliter som producerats av deras tarmbakterier. Dessa metaboliter har en direkt påverkan på växters genetiska uttryck, stimulerar tillväxten och kan dessutom fungera som ”probiotika” för växterna. Något som också tycks gälla för mikroalger som utgör basen i den pelagiska födokedjan som vi ser dominera dessa system med förstörd strandzon. Det kanske inte är en slump att människan i många tusen år har kombinerat fisk och växtodling, där kombinationen fisk och risodling i Sydostasien kanske är det äldsta och mest välkända exemplet<sup>33</sup>.

*För en fortsatt positiv utveckling är det nu nödvändigt med en större och samlad insats, där vi kan skapa en kunskapsbas runt kraftverksdammen som ett ekosystem i samklang med en uthållig matproduktion. Vi behöver helt enkelt en förståelse för underliggande mekanismer och odlingens påverkan för att utforma en systembaserad skötselplan som tillåter en samexistens mellan livsmedelsproduktion, förnybar energi och ett levande ekosystem.*

### 3.5.1. Fodret – nyckeln till cirkulär produktion

Dagens kraftverksdammar är alla äldre och släpper inte längre betydande mängder näring nerströms (Fig.6), utan suger tvärt om ”girigt” i sig den lilla mängd

---

<sup>30</sup>Kennedy, P.J., Blanchfield, P.J., Kidd, K.A., Paterson, M.J., Podemski, C.L. and Rennie, M.D., 2019. Changes in the condition, early growth, and trophic position of lake trout (*Salvelinus namaycush*) in response to an experimental aquaculture operation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 76(8), pp.1376-1387.

<sup>31</sup> Rydin, E., Vrede, T., Persson, J., Holmgren, S., Jansson, M., Tranvik, L. and Milbrink, G., 2008. Compensatory nutrient enrichment in an oligotrophic mountain reservoir—effects and fate of added nutrients. *Aquatic Sciences*, 70(3), pp.323-336.

<sup>32</sup> se t.ex. Euronews OCEAN Season 4, Episode 8 - Ecosystem services för karpodling i Östra Europa

<sup>33</sup> 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>

näring som finns för biologisk produktion, vilket indikeras av den samlade datan exemplifierad i Fig. 4 och 7. Historiskt återförde dåtidens stora populationer av vandringsfisk näring från havet till inlandet<sup>28</sup>, men vandringshinder kopplat till kraftverksdammar och minskade vildpopulationer begränsar detta i dagsläget. Fiskodling baserad på lokala och kretsloppsbaseade foderråvaror som till del hämtas från Östersjön och dess avrinningsområde skulle ha möjligheten att till viss del återställa en sådan historisk näringstransport (Fig.8).

Vår tidigare professor i Akvakultur vid SLU, Lars Ove Eriksson kallade en sådan tanke för ”Robin Hood effekten”, det vill säga ta från de rika och ge till de fattiga, medan vi idag med glimten i ögat kallar det ”The return of the salmon”, även om det är regnbåge och röding vi odlar i magasinerna. Detta är en liknelse som relaterar till den av kraftindustrin blockerade laxvandringen och därmed den historiska transporten av näring från havet till inlandet<sup>28</sup>. Sedan dess har forskare vid SLU genomfört en rad större projekt, dels tillsammans med våra grannländer runt Östersjön i BSR<sup>34</sup> med projekten Akvabest och Baltic Blue Growth, som bra exempel, och dels i nationella projekt som 5 Ton Grön Fisk i Disk (5TFiD)<sup>35</sup>, finansierat av Vinnovas program för ”Utmaningsdriven innovation” och Kampradstiftelsen, som genomförts tillsammans med svensk näring och industri<sup>36</sup> och nu fortsätter i ”Framtidens Foder till Fågel, Fisk och Fläsk” (5F). I dessa projekt har vi visat att det är fullt möjligt, både ekonomiskt och praktiskt, att ta fram ett konkurrenskraftigt fiskfoder av hög kvalitet från lokala foderråvaror, där varje kg foder minskar näringsbelastningen i Östersjön. Intressant är att våra bästa kockar beskriver att fisk utfodrad med detta foder smakar som en ”vild” fisk och att även en otränad publik i blindtest visar en statistisk signifikant preferens för fisk från projekt som 5TFiD<sup>37, 34</sup>). Som grädde på moset har RISE<sup>38</sup> visat i en analys av klimatpåverkan genom LCA-teknik, att foder producerat enligt 5TFiD har minskat klimatavtrycket från råvaror och fodertillverkning med 50-70 procent jämfört med ett konventionellt fiskfoder.

Vi kallar detta foder för kretsloppsfoder då det är baserat på lokala/regionala råvaror där råvarorna extraherar näring direkt ur Östersjön eller fångar upp den innan den når Östersjön.

---

<sup>34</sup> Baltic Sea Region, <https://databases.eucc-d.de/plugins/projectsdb/project.php?show=666&listid=935001&up=L3BsdWdpbnMvcHJvamVjdHNkYi9pbmRlcC5waHA/cD0xJmM9MSZCcm93c2VMaXN0T2ZQcm9qZWNoe19wYWdlPTMmQnJvd3NITGlzdE9mUHJvamVjdHNfc29ydD1kZWVfZHVvYXRpb24=>,

<https://www.slu.se/fakulteter/vh/forskning/forskningsprojekt1/vilt-och-fisk/baltic-blue-growth/>

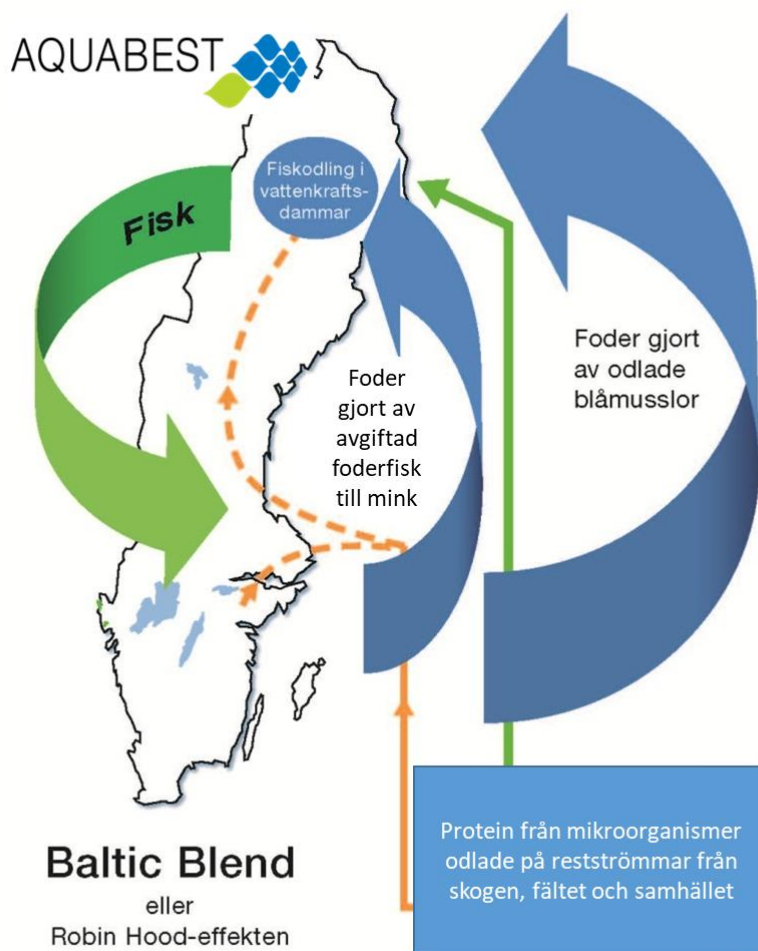
<sup>35</sup> <https://www.axfoundation.se/projekt/5-ton-gron-fisk-i-disk/>

<sup>36</sup> <https://www.vinnova.se/p/fem-ton-gron-fisk-i-disk2/>

<sup>37</sup> Data under publicering, Grythyttan, OrU, Å, Strand och J. Swahn

<sup>38</sup> I manuskript Langeland et al.

Med andra ord, ett foder som minskar istället för ökar övergödningen i våra hav, samtidigt som det kan komma att gynna biodiversiteten i våra norrländska kraftverksdammar (Fig.9) och ge ett hälsosamt och gott livsmedel.



Figur 9 En skiss av Aquabest projektet (BSR) som var det första projektet att visa att ett svenskt kretslopps-baserat 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.



Senast publicerade titlar i denna serie:

Latest published in this series:

Nr	År	Titel och författare
Nr 292	2016	Updating Swedish emission factors for cattle to be used for calculations of greenhouse gases. Bertilsson, J.
Nr 293	2016	Proceedings of the 7 <sup>th</sup> Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden. Editors: Udén, P., Eriksson, T., Rustas, B-O. and Danielsson, R.
Nr 294	2016	Renar och vindkraft II – Vindkraft i drift och effekter på renar och renskötsel. Skarin, A., Sandström, P., Moudud, A., Byhot, Y. och Nellemann C.
Nr 295	2016	Single cell protein in fish feed: Effects on gut microbiota. Nyman, A. <i>Licentiate thesis</i>
Nr 296	2017	Proceedings of the 8 <sup>th</sup> Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden. Editors: Udén, P., Eriksson, T., Spörndly, R., Rustas, B-O., Mogodiniyai Kasmaei, K. and Liljeholm, M.
Nr 297	2018	Betesdjur och betestryck i naturbetesmarker. Spörndly, E. och Glimskär, A.
Nr 298	2018	Proceedings of the 9 <sup>th</sup> Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden. Editors: Udén, P., Eriksson, T., Spörndly, R., Rustas, B-O. and Liljeholm, M.
Nr 299	2019	Tekniklösningar för egenproducerat kraftfoder i besättningar med mjölkkor - en exempelsamling. Carlsson, M.P. och Gustafsson, A.H.
Nr 300	2019	Grundläggande foderhygien – med fokus på mikrobiologiska faror i lokalproducerat foder till mjölkkor. Elving, J.
Nr 301	2019	Ersättningsfoder till nötkreatur vid grovfoderbrist. Spörndly, R., Bergkvist, G., Nilsson-Linde, N. och Eriksson, T.
Nr 302	2019	Proceedings of the 10 <sup>th</sup> Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden. Editors: Udén, P., Eriksson, T., Spörndly, R., Rustas, B-O. and Karlsson, J.
Nr 303	2019	Konservering och gårdsberedning av kraftfoder till kor. Jonsson, N.
Nr 304	2019	Mjölproduktion i Uppland – med Lövsta lantbruksforskning i fokus. Lindberg, M.
Nr 305	2020	Investeringskostnader, driftkostnader och energibehov för egen kraftfoderanläggning på mjölkgård. Karlsson, H., Gustafsson, A.H., Andersson, K., Lindman Larsson, S., Johansson, C. och Eriksson, T.
Nr 306	2022	Proceedings of the 11 <sup>th</sup> Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden. Editors: Udén, P., Detmann, E., Eriksson, T., Gonda, H., Kronqvist, C., Nadeau, E., Rustas, B-O., Rinne, M., Spörndly, R., Sveinbjörnsson, J., Weisbjerg, M.R. and Åkerlind, M.
Nr 307	2022	Pelletering av spannmål på egen gård. Egil Prestløyken. Översättning av Torsten Eriksson.
Nr 308	2023	Vallfoder till hästar ur ett utfodringsperspektiv – en kunskapssammanställning från 1903-2022. Sara Ringmark, Malin Connysson, Katarina Arvidsson Segerkvist, Anna Jansson, Cecilia E. Müller.
Nr 309	2023	Fiskodling i norr – en livsmedelsproduktion med miljöpotential. Anders Kiessling och Martyn Futter.

---

#### **DISTRIBUTION:**

**Sveriges Lantbruksuniversitet**  
**Institutionen för husdjurens utfodring och vård**  
**Box 7024, 750 07 UPPSALA**  
**Tel. 018-67 20 26**  
**Marianne.Lovgren@slu.se**