

Rapport avseende hälsoövervakning av lax i Torneälven 2020–2024



Rapport avseende hälsoövervakning av lax i Torneälven 2020-2024

SVA:s rapportserie 123

Författare Statens veterinärmedicinska anstalt (SVA): Charlotte Axén, David Persson. **Finska Livsmedelsverket Ruokavirasto (RV):** Marjukka Rask, Riikka Holopainen, Tiina Korkea-aho

Omslagsbild Älvbåtar i Lappea

Foto Marjukka Rask, RV

ISSN 1654-7098

Dnr. SVA2024/94

Publikations-ID SVAKOM124

Webbplats www.sva.se

© SVA 2025

Rapport till Havs- och vattenmyndigheten (HaV) och Närings-, trafik- och miljöcentralen (NTM-centralen) i finska Lappland

Den här publikationen citeras "Rapport avseende hälsoövervakning av lax i Torneälven 2020-2024. SVA:s rapportserie 123. SVA, 2025".

Sammanfattning

Oro för Torneälvsloxens hälsotillstånd uppstod 2014, då lax med symptom som hudblödningar och döende eller redan döda laxar började rapporteras. Sedan dess har Statens veterinärmedicinska anstalt (SVA) och finska Livsmedelsverket Ruokavirasto (RV) genomfört hälsokontroller av lax i Torneälven. Här redovisar vi resultaten från dessa undersökningar under perioden 2020 – 2024. Vi har tittat på den övergripande hälsostatusen för provtagen lax genom registrering av morfometriska data, obduktion, histologi, undersökning av olika blodparametrar och förekomst av patogener. Vi har dessutom undersökt orsakerna till syndromet med hudblödningar på buken, som sedan 2019 namnges som red skin disease (RSD).

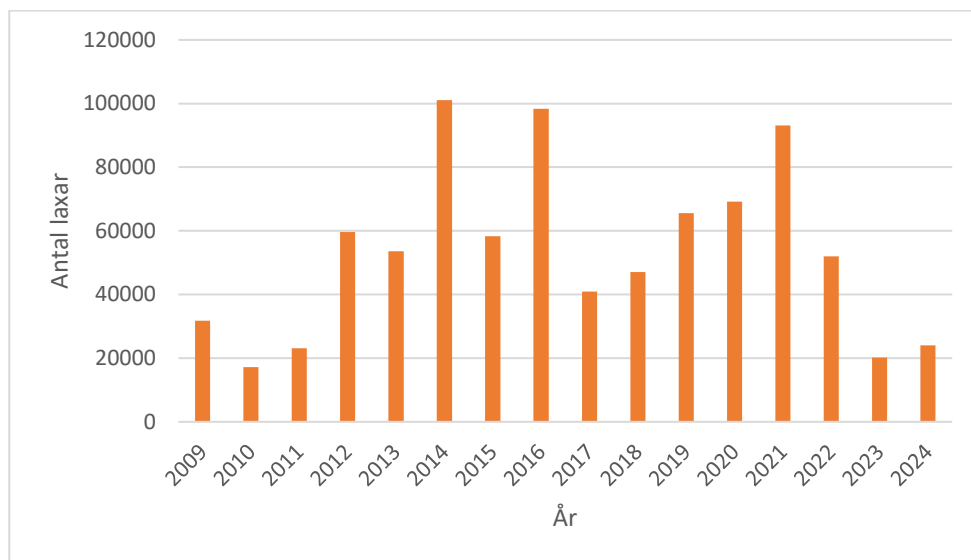
Under dessa fem år fångades 473 laxar för generell provtagning, där den allmänna hälsan undersöktes, inklusive fysiska parametrar, blod- och vävnadparametrar. Dessutom genomfördes riktad provtagning på 35 laxar och två havsöringar på grund av sjukdom, varav en havsöring enbart provtogs avseende saprolegniosis. Fokusområden var bland annat att undersöka potentiella orsaker till RSD, identifiera patogener och andra värdefulla parametrar att samla in vid hälsoövervakning av lax.

Laxen från de generella provtagningarna var överlag i gott skick. Hos nästan hälften av de 473 laxarna noterades lesioner, främst mekaniska skador/ärr och hudblödningar. Få av fallen med hudblödningar kan dock med säkerhet sägas inte ha orsakats vid fångsten. Hos laxarna och havsöringarna som provtogs på grund av sjukdom var vattenmögel/svampangrepp och hudblödningar vanligast. Inga patogena bakterie- eller virusinfektioner upptäcktes, förutom att piscine orthoreovirus (PRV) påvisades hos en lax. Däremot sågs inga tecken på den relaterade sjukdomen heart and skeletal muscle inflammation (HSMI), vilket tyder på att laxen var en latent bärare av viruset. Syndromet RSD kan vara orsakat av en intracellulär organism som liknar den så kallade ”Midichlorian-like organism” (MLO) som orsakar Red mark syndrome (RMS) hos regnbåge, men dess roll är fortfarande oklar på grund av svårigheter att odla och fullständigt identifiera denna organism. *Saprolegnia parasitica*, en sjukdomsalstrande algsvamp som orsakar vattenmögel, förekom hos Torneälvsloxen och resultaten indikerar att den är särskilt problematisk under hösten och kan påverka överlevnaden till lek. Fortsatt övervakning av PRV, potentiella MLO-liknande organismer och orsaker till vattenmögel rekommenderas.

Hälsoindikatorer som kan samlas in utan att döda laxen (morfometriska mätningar, registrering och bedömning av synliga yttre förändringar, blodkemi, förhållande mellan olika blodceller och deras och morfologi) utvärderades. Blodsocker och blodlaktat utvärderades särskilt noga på grund av avvikelser från uppsatta referensnivåer, men mycket av variationen tolkas som orsakad av stress från fångst samt kraftig ansträngning före och under fångst snarare än sjukdom. Ingen enskild parameter kan anses vara tillräcklig för hälsoövervakning. I stället bör en fast panel av parametrar användas för övervakning av laxhälsa och en sådan panel föreslås i denna rapport. Denna panel inkluderar morfometriska mätningar, visuell utvärdering av hälsostatus och kategorisering av denna, blodkemi och blodcellsmorfologi. Ytterligare prover för identifiering av patogener samt prover för histopatologi bör alltid tas på lax med synliga yttre eller inre förändringar, och valfritt på lax som är synbart frisk. Dessutom kan registrering av vattentemperatur och vattenflöde (i älvar), närhet till forsar etc. vara användbara för att underlätta tolkningen av blodkemi.

Bakgrund

Torneälven utgör gränsen mellan Finland och Sverige och är den största älven i Östersjöområdet där Atlantlax (*Salmo salar*) och andra laxfiskar kan föröka sig naturligt. Älvens produktionspotential har uppskattats till 1 318 000 smolt lax och havsöring (HELCOM, 2011). Under 2012 ökade antalet laxar som återvände för att leka, och var som högst 2014 och 2016 med ca 100 000 individer (**Figur 1**). Därefter har antalet återvändande laxar pendlat mellan 40 000–95 000 individer per år tills en plötslig minskning skedde 2023 och 2024, då antalet var extremt lågt jämfört med de föregående 11 åren (**Figur 1**).



Figur 1. Antalet vuxna laxar som återvände till Torneälven för lex 2009–2024, räknat med ekolod vid Kattilakoski (Naturresursinstitutet. Kalahavainnot: kalahavainnot.luke.fi/fi/seurannat/tornionjoen-nousulohiseuranta/).

I juni-juli 2014 väcktes oro för en ökad mängd sjuka och döda återvändande laxar. Laxen rapporterades ha hudblödningar, sår och vattenmögelinfektion. Problemet återkom året därpå och inför 2016 fick Statens veterinärmedicinska anstalt (SVA) och finska Livsmedelsverket Ruokavirasto (RV, men som då hette Evira), medel för att utreda ärendet. Sedan dess har vi arbetat tillsammans för att övervaka laxens, och i viss mån havsöringens, hälsa i Torneälven. År 2016 genomfördes provtagningar för att utreda situationen, i syfte att reda ut patogenen och eventuella infektiösa orsaker till denna (Axén & Koski, 2017). Flera faktorer som påverkar laxens hälsa identifierades. Hos sjuk lax beskrevs hudblödningar på buken, ulcerös dermal nekros (UDN)-liknande skador, mekaniska skador och sår av okänt ursprung. Sekundär infektion med vattenmögel, orsakad av *Saprolegnia parasitica* samt andra algsvampar eller svampar identifierades. Vanligtvis är denna komplikation den direkta orsaken till dödlighet. Hos några laxar med sår påvisades olika bakterier, men en patogen som generellt kunde kopplas till hudblödningar eller sår kunde inte identifieras. Från ett fåtal laxar med hudrodnader och blödningar skickades prover för helgenomsekvensering/next generation sequencing (NGS), där korta sekvenser av herpesvirus, iridovirus och totivirus påvisades (Axén & Koski 2017; SVA, 2017). Liknande skador har rapporterats hos odlad laxfisk, till exempel Red mark syndrome (RMS) hos regnbåge. RMS är inte känt för att orsaka hög dödlighet, men orsakar hudskador, vilket gör regnbågen mer mottaglig för opportunistiska infektioner orsakade av till exempel bakterier eller *Saprolegnia parasitica*. Den så kallade *Midichloria*-like organism (MLO) har utpekats som potentiell

orsak till RMS (Metselaar et al., 2020). Under 2018 undersöktes problematiken vidare, genom att försöka identifiera samband mellan olika fysiologiska parametrar och hudblödningssyndromet (SVA, GU & SLU, 2019). Avvikelse i flera fysiologiska parametrar associerades med sjukdom (SVA, GU & SLU, 2019; Weichert et al, 2021), men ingen specifik orsak identifierades. Tiaminbrist, som är förknippad med M74-syndromet hos laxfiskyngel och med vuxna laxars hälsa i samband med lek (Vuorinen et al. 2021), kunde inte identifieras. Vid en internationell workshop i Oslo 2019 fick syndromet med ventrala (på buken) rodnader och hudblödningar hos lax namnet red skin disease (RSD). Workshopens slutsats var att mer forskning behövdes för att klargöra orsakssambanden, och hälsoövervakningen av lax har fortsatt för att samla in mer data och upprätta ett bra övervakningsprogram.

Sedan 2020 genomför SVA och RV årligen hälsoövervakning av lax i Torneälven. Vi övervakar populationen genom att titta på 1) den övergripande hälsostatusen för lax inklusive morfometriska data, obduktion, blod- och andra parametrar; 2) övervakning av eventuella patogener och 3) specifikt undersökning av orsakerna till RSD.

Utöver hälsoövervakningen finns det en rapporteringssida för Sverige och Finland, där allmänheten kan rapportera sjuka eller döda fiskar. Alla fiskarter kan rapporteras, men sidan inrättades ursprungligen på grund av sjukdomssituationen för lax. Rapporteringssidan är ett viktigt verktyg för att vi ska kunna följa Östersjölagens hälsa. Att lägga till bilder eller korta videor av den observerade fisken vid rapportering är valfritt men uppmuntras eftersom det är viktigt för en korrekt tolkning av situationen. Att lägga till kontaktuppgifter är också valfritt men uppmuntras eftersom det gör att vi kan inhämta extra information om något är oklart angående rapporten. Det är naturligtvis också användbart om rapportören vill ha feedback på vad han/hon har observerat. Rapporteringssidan finns på: <https://rapporterarfisk.sva.se>, och från en finsk IP-adress kommer texten att visas på finska.

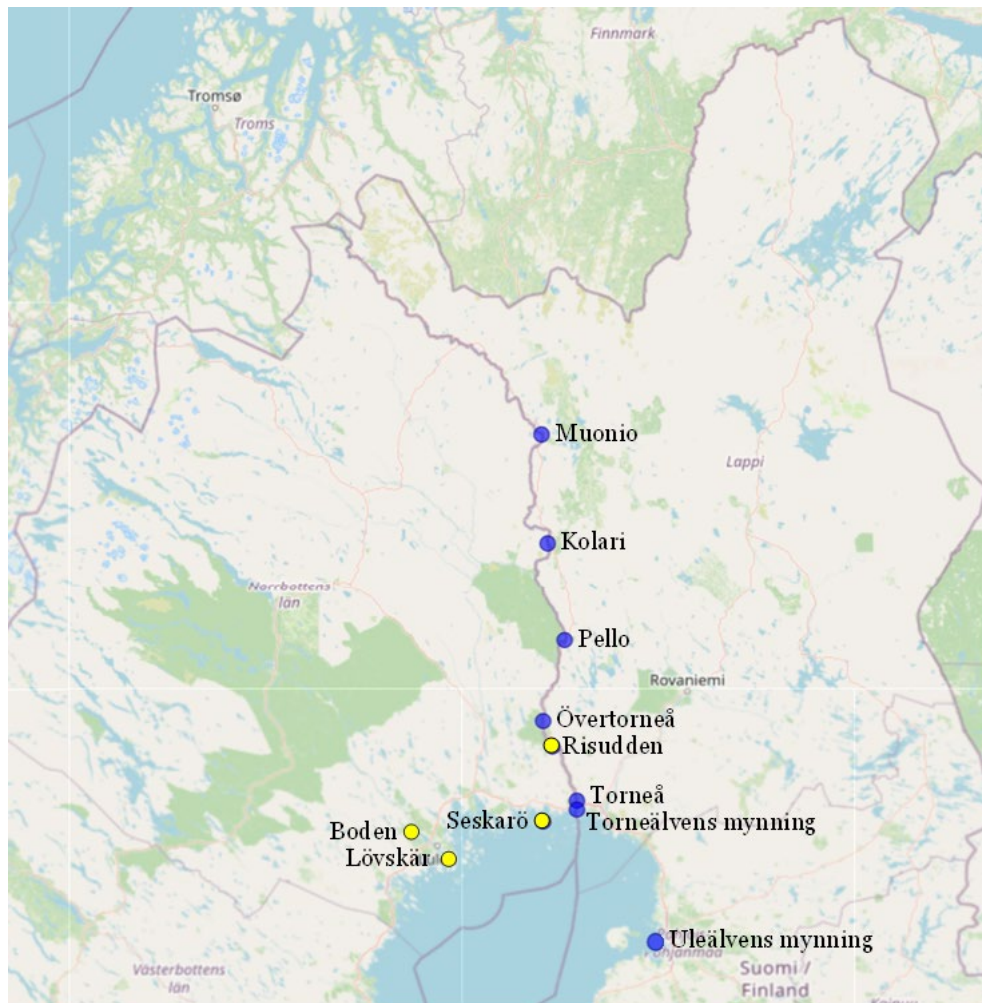
Innehåll

.....	1
Rapport avseende hälsoövervakning av lax i Torneälven 2020–2024	1
Sammanfattning	3
Bakgrund	4
Förkortningar	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Material och metoder	8
Provtagningsplatser	8
Provtagningar	8
Sverige	8
Finland	10
Laboratorieanalyser	11
Blod	11
Allmänna blodparametrar (Sverige)	11
Tieminanalys	11
Blod för forskning (SVA)	11
Påvisande av patogener	11
Histologi och cytologi	12
Fördjupade undersökningar AVSEENDE samband mellan hälsa och uppmätta parametrar	13
Statistisk analys	13
Resultat	14
Generella provtagningar med data om både frisk och sjuk lax	14
Yttre skador	14
Inre skador	18
Riktade provtagningar av lax med symptom	19
Laboratorieanalyser	21
Virologi	21
Bakteriologi	21
Vattenmögel	22
Blodanalyser	24
Histologi och cytologi	28
Sambandet mellan undersökta parametrar och laxens hälsotillstånd	30
Diskussion	34
Slutsatser	42
Våra tack	43
Finansiering	43
Referenser	44
Bilaga 1 – Bedömning av hälsoindex	47
Följande poängsystem användes:	47

Material och metoder

PROVTAGNINGSPLATSER

Prover samlades in vid olika tidpunkter och på olika platser på både den svenska och finska sidan av älven. Provtagningsplatserna visas i **Figur 2**. Provtagningarna genomfördes antingen som generella provtagningar för att uppskatta populationens hälsostatus eller specifikt riktade mot lax med sjukdomssymptom.



Figur 2: Provtagningsplatser 2020–2024. Blå prickar visar de finska provtagningsplatserna; gula prickar visar de svenska provtagningsplatserna.

PROVTAGNINGAR

Sverige

SVA genomförde generella provtagningar. Varje år var målet att provta 20 laxar uppströms i Torneälven och 20 laxar nära mynningen (i skärgården). 2021 provtogs Luleälven, en älv som enbart har kompensationsodlad lax (dvs. ingen vildlekande laxpopulation) som referensälv. Under 2020 genomfördes upprepade provtagningar, med en

provtagning i början av lekvandringen (mitten av juni) och en fyra veckor senare. Provtagningarna uppströms genomfördes alltid vid Risudden och mynningsprovtagningarna vid Seskarö, med hjälp av lokala fiskare. Mynningsprovtagningar i Luleälven genomfördes vid Lövsjär med hjälp av lokala fiskare och uppströms provtagning genomfördes vid Bodens vattenkraftsdamm med hjälp av Vattenfall Vattenkraft AB. I älven fångades laxen med drivgarn (Risudden) eller i en fiskhiss till avelsanläggningen (Boden), samt i skärgården med push up-fällor (Seskarö) eller kombifällor (Lövsjär). Under 2020–2022 var målet att hålla laxen vid liv från fångst till provtagning, men på grund av tekniska svårigheter övergavs denna metod 2023 för provtagningen i mynningsområdet. Vid Risudden var det lättare att hålla laxen vid liv fram till provtagningen, men även här släpptes ambitionen att hålla fisken vid liv för att inte orsaka fisken onödigt lidande.

Lax som levde vid ankomst från fälla/nät bedövades med ett hårt slag mot huvudet och avlivades därefter genom avblodning, där 10–20 ml blod sögs ut från hjärtat eller från kroppspulsåderns bakre del (i stjärtspolen) med hjälp av en hepariniserad kanyl och spruta. Vid behov skars även en eller två gälbågar av för att underlätta avblodningen. På laxar som redan var döda togs blodprov på samma sätt som vid avblodning.

Obduktion genomfördes därefter, foton togs och yttre och inre förändringar samt parasitbörda i tarmen (*Eubothrium* sp.) noterades i en journal. Yttre förändringar noterades enligt följande kategorisering:

UDN-liknande (förekomst av icke-mekanisk vävnadsdöd av huden på huvudet): 1) ytlig/litet område och 2) djupare och/eller omfattande

Hudrodnad och blödning: 1) rodnad, 2) akut blödning (eventuellt mekanisk), 3) subakut blödning, 4) kronisk/läkande blödningsskada

Mekaniska skador på kroppen: 1) fjällförlust orsakad av fångst, 2) akuta skrubbsår, 3) akut skada, 4) subakut skada, 5) skada under läkning, 6) ärrbildning

Icke-mekaniska skador på kroppen: 1) ytliga erosioner, 2) fjällförlust (ej från fångst), 3) akuta sår, 4) subakuta sår, 5) kroniska sår, 6) löss

Fenskador: 1) rodnad, 2) akut mekanisk skada, 3) kronisk mekanisk skada, 4) fenröta, 5) läkt skada.

Svampinfektion: 1) initial/minimal, 2) betydande/omfattande

För inre förändringar gjordes ingen kategorisering men skadorna beskrevs i journalen.

För parasitbörda i tarmen användes skalan 0) ingen, 1) minimal, 2) signifikant, 3) omfattande, 4) massiv

Kön, längd, vikt, levervikt, gonadvikt och mag-tarmpaketets vikt registrerades. Konditionsfaktorn (CF) beräknades enligt Fulton: $(\text{somatisk vikt i gram} \times 100) / (\text{längd i cm})^3$. Liversomatiskt index (LSI), gonadosomatiskt index (GSI) och gastrointestinal (mag-tarm)-somatiskt index (GISI) beräknades med $(\text{lever-/gonad-/gastrointestinal vikt i gram} / (\text{somatisk vikt i gram} \times 100))$.

För samtliga laxar var målet att samlade in följande prover: Blod för laboratorieanalyser (hematologiska och metabola parametrar samt tiaminstatus) och för cytologisk utvärdering av röda och vita blodkroppar (blodutstryk). Lever, njure, mjälte och hjärta för histopatologi placerades i 10 % formalin för fixering. Under 2021 fixerades även blindtarmar för histopatologisk kontroll av parasitstatus.

Under 2021–2022 togs små bitar av njure, hjärta och mjälte och poolades (1 samlingsprov per 10 laxar) till Eagle's minimal essential medium (EMEM, LGC) med tillsats av 10 % FBS (fetalt bovint serum) +1 % PS (penicillin-streptomycin) +1 % L-glutamin för virusisolering.

Riktad provtagning utfördes på lax med synliga förändringar enligt följande: Vid UDN-liknande förändringar eller andra hudlesioner fixerades hud i formalin. Dessutom provtogs hjärta och mittnjure till RNAlater (Qiagen) för SAV-analys från fem laxar. Under 2021–2024 sparades även hud från lax med misstänkt RSD i RNAlater för MLO-analys. Under 2022 togs även opåverkad rygghud från dessa individer som referensmaterial.

Hos individer med misstänkt bakteriell infektion togs prover för bakteriecodling från de drabbade organen (till exempel hud, mjälte) och vid misstänkt allmän infektion även från njure.

Hos individer med vattenmögel provtogs hud för odling av svamp/algsvamp.

Finland

Den 11/6–16/7 2020 utförde RV provtagningar i samband med Finska Naturresursinstitutets (Luke) fångst av återvändande lax och öring för kompensationsodling. Fisket genomfördes med ryssjor vid Torneälvens mynning med hjälp av lokala fiskare. Dessutom genomfördes provtagningar vid Övertorneå 26–27/6 samma år i samband med fiskerättsägarnas årliga drivnätsfiske. Från dessa provtagningar finns data om synbart hälsotillstånd för alla laxar. Luke registrerade data om kön, vikt och längd registrerades för all lax vid Torneälvens mynning. Luke tillhandahöll morfometriska data om de friska laxar som fångats vid Torneälvens mynning, medan RV i huvudsak samlade in data och prover från lax med sjukdomssymtom vid båda dessa fisken. Prover togs från mjälte, njure och hjärta till Minimal essential medium (MEM, Biowest) med 10 % FBS +2 % PS +1 % L-glutamin +1 % NEAA (icke-essentiella aminosyror), för virusisolering och/eller till RNAlater för virologiska eller bakteriologiska PCR-analyser. Prover för bakteriologi togs från njure, mjälte och hjärta. Från lax med vattenmögel togs prover för isolering av algsvamp. Från en del lax med hudskador togs prov för bakteriecodling. Dessutom togs blodprover från totalt 28 laxar för tiaminanalys.

Utöver dessa provtagningar utförde RV under 2020–2024 riktad provtagning av lax som hade hudblödningar eller andra skador. Två laxar, som rapporterats som sjuka men vid närmare undersökning inte hade några skador, inkluderades också. Laxproverna samlades in från Torneälvens gränsälvsdel och Muonioälven, Bottenviken nära Torneälvens mynning och i Uleälven eller vid dess mynning (**Figur 2**). För denna riktade provtagning bads allmänheten om hjälp under 2020, 2021 och 2024. Om man hittade sjuka laxar eller öringar nära stranden och kunde fånga dem med nät eller för hand, kunde laxen skickas till RV för obduktion och provtagning. Under 2022 och 2023 samlades lax med symptom in från ryssjor och sportfiskare. Under dessa två år gjordes provtagningen i samarbete med ett projekt (Härkönen et al., 2024), som delvis finansierades av forskningsfonden för gränsälvsfiskekortet (via NTM-centralen i Lappland). Laxarna provtogs på samma sätt som vid RV-provtagningarna vid Torneälvens mynning och Övertorneå 2020. Parasitbördan i tarmen uppskattades hos merparten av laxarna. Dessutom togs prover från hud, lever och inre organ med förändringar till formalin för histopatologiska undersökningar.

LABORATORIEANALYSER

Blod

Allmänna blodparametrar (Sverige)

Några droppar blod användes för att mäta hematokrit (Htk) (HAEMATOKRIT 200, Andreas Hettich GmbH & Co.KG, Tuttlingen, Tyskland), hemoglobinkoncentration (Hb) (HemoCue® Hb 201+ System, HemoCue AB, Ängelholm, Sverige), blodglukos (HemoCue® Glucose 201 RT Analyzer, HemoCue AB, Ängelholm, Sverige) och blodlaktat (Lactate Scout Vet, EKF Diagnostics GmbH, Barleben, Tyskland) inom några minuter från provtagningen.

Tiaminanalys

1 ml helblod användes för tiaminanalys och frystes direkt efter provtagning i ett Eppendorf-rör (SVA) eller serumrör (RV) på torris. Tiaminanalys (vitamererna/fraktionerna fritt tiamin (Tfritt), tiaminmonofosfat (TMP) och tiaminpyrofosfat (TPP) utfördes av RV enligt Koski et al., 1999. Tillsammans utgör dessa tre vitamerer parametern totaltiamin (Ttot).

Blod för forskning (SVA)

För resterande blod separerades plasma och blodkroppar genom centrifugering vid $5\,000 \times g$ i 3 minuter. Plasman frystes omedelbart på torris och förvaras tills vidare vid $-80\,^{\circ}\text{C}$ för framtida forskning. Under 2020 frystes även de separerade blodkropparna ner på torris för eventuell framtida forskning.

Påvisande av patogener

Virusisolering på cellkultur utförs rutinmässigt vid SVA och RV i enlighet med kommissionens delegerade förordning (EU) 2020/689 och EU:s referenslaboratoriums (EURL) diagnostiska manual för viralt hemorragiskt septikemivirus (VHSV) och infektiöst hematopoetiskt nekrovirus (IHNV). Denna metod fångar upp ett relativt brett spektrum av virus utöver VHSV och IHNV, inklusive infektiöst pankreasnekrovirus (IPNV) och epizootiskt hematopoetiskt nekrovirus (EHNV). Kortfattat inokuleras proverna på två cellinjer (Bluegill fry (BF-2) och Fathead minnow (FHM) eller BF-2 och Epitheloma Papulosum Cyprini (EPC)) och odlas vid $15\,^{\circ}\text{C}$ i en vecka innan de passeras till färska celler för ytterligare en veckas odling. Cellerna undersöks med tre till fyra dagars mellanrum avseende förekomst av virusorsakad celldöd, så kallad cytopatogen effekt (CPE). Om CPE observeras identifieras viruset genom en enzymkopplad immunadsorberande analys (ELISA) följt av kvantitativ polymeraskedjereaktion (qPCR) eller omvänt transkriptas (RT)-qPCR för det misstänkta virusets arvs massa. Hos många virus sekvenseras därefter också en del av arvs massan för att kunna bestämma undervariant (genotyp).

För virus som är svåra eller omöjliga att odla utfördes analyser enligt följande. Analys för infektiöst laxanemivirus (ISAV) utfördes vid SVA (svenska prover), RV (vissa finska prover) eller vid EURL vid Danmarks Tekniska

Universitet, Akvatiska avdelningen (DTU Aqua, vissa finska prover) med RT-qPCR enligt EURL:s diagnostiska manual för ISAV. Screening för salmonid alphavirus (SAV) utfördes med RT-qPCR vid SVA och RV enligt (Hodneland et al., 2006). Undersökning för Salmon Gill Pox Virus (SGPV) med qPCR och för piscine myocarditisvirus (PMCV) med RT-qPCR utfördes vid DTU Aqua. Undersökning för piscine orthoreovirus (PRV-1 och PRV-3) utfördes med RT-qPCR vid DTU Aqua under 2020–2021. Under 2022 och 2023 utförde RV screening för PRV-1, PRV-2 och PRV-3 med RT-qPCR (Zhao et al., 2021).

Bakterieodling gjordes på hästblodagar och tryptone yeast sals extracts (TYES)-agar. Agarplattorna inkuberades vid 20 °C i upp till fem dagar (SVA) och på fårblodsagar samt Shotts-Waltman-agar vid 20 °C och TYES-agar vid 15 °C (RV) i upp till sju dagar. Om en blandkultur erhöles sattes nya agarplattor med bakteriekolonier som identifierats som intressanta på den primära agarplattan. Från rena primära eller sekundära kulturer bestämdes bakterieart genom biokemisk analys och/eller Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry (MALDI-TOF). Analys för bakteriell njursjukdom (BKD) gjordes från njurprover genom odling på selektivt njursjukdomsmedium (SKDM) agar vid 16,5 °C i 6 veckor eller med PCR (RV). Några av RV-undersökningarna för BKD gjordes av DTU Aqua med qPCR. Analys för *Piscirickettsia salmonis*, bakterien som orsakar salmonid rickettsiasseptikemi (SRS) gjordes med PCR vid DTU Aqua. MLO-analys utfördes med qPCR vid DTU Aqua.

Vattenmögel eller misstänkt vattenmögel (algsvamp/svampinfektioner) odlades på peptonglukosagar (PG-1) (SVA) eller Sabouraud-agar (RV) vid 15 °C i 7–14 dagar. Under 2020–2022 artbestämde RV framodlat mycel från två laxar med PCR och sekvensering (Engblom et al. 2023). År 2023 bestämdes arten med qPCR följt av konventionell PCR och sekvensering av ITS-regionen för att bestämma art av svamp eller algsvamp (Härkönen et al., 2024). I Sverige användes qPCR för ITS-regionen för att bestämma förekomst av *Saprolegnia* sp. samt specifikt *S. parasitica* eller enligt Rocchi et al. (2017) och en in-house qPCR för *S. diclina* om *Saprolegnia*-liknande mycel hade vuxit på agarplattorna.

RV artbestämde en del av de tarmparasiter som hittades genom sekvensering. Parasit-DNA extraherades med hjälp av Qiagens Mini Kit och PCR samt sekvensering av regionen ITS1-5.8S-ITS2 genomfördes enligt Zhu et al. (1998). Den erhållna sekvensen jämfördes med Genbank-data med hjälp av BLAST ([Nucleotide BLAST: Search nucleotide databases using a nucleotide query](#)).

Histologi och cytologi

Efter fixering skars vävnadsbitarna i tunna skivor och placerades i kassetter för inbäddning, snittning och färgning. Hjärtat skars om möjligt vertikalt (buk-till ryggsida) genom mittplanet från spets till bas för att möjliggöra utvärdering av både kammare, klaffar, förmak och aortabulben. SVA:s hudprover avkalkades innan inbäddning på grund av förekomst av fjäll (kropp) och underliggande brosk/ben (nos) som annars kan skada vävnaden vid snittning. Vävnaderna bäddades in i paraffin, snittades, monterades på täckglas och färgades med hematoxylin eosin enligt standardprocedurer vid våra histopatologiska laboratorier. Snitten analyserades vid 40–1 000 x förstoring.

Blodutstryken fixerades i metanol och färgades med Giemsa eller Diff-quick och analyserades vid 400–1 000 x förstoring.

FÖRDJUPADE UNDERSÖKNINGAR AVSEENDE SAMBAND MELLAN HÄLSA OCH UPPMÄTTA PARAMETRAR

Ett hälsoindex (HÄLSA1) skapades baserat på synliga yttre lesioner hos lax från de generella provtagningar som SVA utförde. Laxen poängsattes enligt en femgradig skala:

- 1: Frisk - inga synliga förändringar utom ärr eller eventuell fjällförlust som kan relateras till fångsten
- 2: Lindrigt påverkad hälsa - akuta till subakuta mindre till måttligt stora skador
- 3: Måttligt påverkad hälsa - mer omfattande, subakuta till kroniska skador, utan tecken på sekundär svamp-/algsvampinfektion
- 4: måttligt till kraftigt påverkad hälsa - måttliga till omfattande skador med tecken på mild/tidig svamp-/algsvampinfektion
- 5: kraftigt påverkad hälsa/terminal sjukdom - omfattande svamp-/algsvampinfektion

För att minska antalet klasser och se om det fanns någon skillnad mellan laxar med mekaniska skador och laxar med andra skador (blödningar, andra sår, allvarlig vattenmögelinfektion) skapades även indexet HÄLSA2 och poängsattes enligt:

- 1: Frisk
- 2: Mekaniska skador
- 3: Sjukdom

De två indexen användes sedan för att undersöka sambandet mellan synlig hälsa/sjukdom och olika registrerade/uppmätta parametrar. Lax som endast hade akuta mekaniska skador eller rodnad/akut blödning klassificerades som frisk enligt både HÄLSA1 och HÄLSA2, eftersom lesionerna inte misstänktes ha påverkat hälsan (ännu). För HÄLSA2 användes poäng 2 (mekaniska skador) för milda vattenmögelinfektioner eftersom dessa ännu inte ansågs ha hunnit orsaka problem utöver den mekaniska skadan. Exempelbilder för bedömning av HÄLSA1 och HÄLSA2 finns i **Bilaga 1**.

STATISTISK ANALYS

Data överfördes till Stata 15 (StataCorp, Texas) eller IPM SPSS Statistic software för statistiska beräkningar samt till GraphPad för visualisering av data. Wilcoxon's rangsummetest var det test som främst användes för jämförelse, eftersom detta test kan användas både för normalfördelade och icke-normalfördelade data.

Enkel/univariat regressionsanalys och multivariat regressionsanalys utfördes också för fördjupad analys av vissa parametrar. Innan multivariat regression genomfördes utforskades varje potentiell parameter i univariat regressionsanalys. Ett p-värde på $<0,2$ sattes som den signifikansnivå som krävdes för att en parameter skulle testas i multivariat regression. Interaktion mellan inkluderade parametrar undersöktes. Efteranalys gjordes genom variansskattningar av inkluderade parametrar, likelihood ratio-tester, kontroll av informationskriterier etc.

Resultat

Samtliga fiskar som inkluderades var lax, med undantag av en havsöring från Uleälvens mynning. Totalt fångades 473 laxar vid SVA:s provtagningar och vid RV:s provtagningar 2020 vid Torneälvens mynning och vid Övertorneå, och på 35 laxar och en havsöring genomfördes riktad provtagning (RV). Dessutom sattes en svampkultur från en sjuk havsöring som oavsiktligt fångades under SVA-provtagningen på Seskarö 2023, men inga noteringar avseende längd, vikt etcetera gjordes och inga ytterligare prover togs.

GENERELLA PROVTAGNINGAR MED DATA OM BÅDE FRISK OCH SJUK LAX

För generella provtagningar, där både frisk och sjuk lax bedömdes (SVA-provtagningar samt RV-provtagningar vid Torneälvens mynning och Övertorneå 2020) redovisas provtagningstidpunkt, provtagningsplats, fångstmetod, antal laxar samt en summering av morfometriska parametrar i **Tabell 1**. Totalt undersöktes 473 laxar, varav 252 av SVA och 221 av RV. För proverna från Övertorneå saknas längd och konditionsfaktor för alla fiskar, liksom vikt för alla laxar utom tre. Honor dominerade i alla provtagningar utom i SVA:s juli-provtagning 2020. Laxen i denna provtagning var också signifikant mindre än i alla andra SVA-provtagningar ($p < 0,001$), och laxen från 2024 års provtagning var signifikant mindre än den lax som fångades 2022 och 2023 ($p < 0,05$). Laxen i provtagningarna i juni 2021 och 2022 hade lägre konditionsfaktor jämfört med de andra proverna ($p = 0,051$ – $p < 0,001$), och den fetaste laxen fångades 2023 ($p < 0,05$ – $p < 0,001$ jämfört med alla andra prover). Två honor som provtogs av SVA (en 2020 och en 2023) och en hane som provtogs av RV (2020) var kelt (övervintrad lekfisk).

Yttre skador

Data avseende yttre lesioner vid de allmänna provtagningarna sammanfattas i **Tabell 2**. För rodnader och hudblödningar har akuta förändringar inkluderats i tabellen eftersom det inte alltid gick att avgöra om de härrörde från fångsten eller var tidiga tecken på RSD. När det gäller mekaniska skador har de som bedömts ha orsakats av fångsten utelämnats ur tabellen. Fenskador inkluderades under mekaniska lesioner, eftersom (potentiell) bakteriell fenröta sällan observerades. Ärr inkluderades i sårstatistiken, både för mekaniska skador och andra sår. "Andra sår" inkluderar icke-mekaniska sår, UDN-liknande lesioner och potentiellt red vent syndrome (RVS/*Anisakis simplex*-infektion vid kloaken).

Prøf kzzl Information, inklusive sammanfattade morfometriska data, avseende de generella provtagningar under 2020–2024 där både frisk lax och lax med synliga skador har provtagits.

J ^a ~ ^o q q	N ^o ÖV	J ^a ~ ^o q q ^a § z ^a k	4c q ^a { k ^a i	@	= c Ÿ Ÿ k Ů ~ ^ p	> a q i ſ g { k i s Ÿ Ÿ k ^a ^ z p	V s y Ÿ y q { k i s Ÿ Ÿ k ^a ^ z p	= ~ i s s ~ « p Ÿ ^a ſ { k i s Ÿ Ÿ k ^a ^ z p
Å/Å ³ / ₄ x s	SVA	Seskarö	PU-fälla	19	13/15	88 (73–120)	7,56 (2,74–23,16)	1,09 (0,65–1,34)
Å/Å ³ / ₄ x s	SVA	Risudden	Drivgarn	9				
Å/Å ³ / ₄ x s	RV	Övertorneå	Drivgarn	47	14/322	NA	14,9 (12,20–15,30) ³	NA
Å/Å ³ / ₄ x s x z	RV	Torneälvens mynning	Ryssja	174	78/96	83 (55–113)	5,95 (1,70–16,70)	1,01 (0,73–1,24)
Å/Å ³ / ₄ x z	SVA	Seskarö	PU-fälla	20	35/5	62 (48–123)	2,61 (1,10–17,92)	1,04 (0,89–1,42)
Å/Å ³ / ₄ x z	SVA	Risudden	Drivgarn	20				
Å/Å ₂ x s	SVA	Seskarö	PU-fälla	20	9/31	92 (71–122)	6,84 (2,80–19,11)	0,98 (0,79–1,36)
Å/Å ₂ x s	SVA	Risudden	Drivgarn	20				
Å/Å ₂ x z	SVA	Lövsjär	Kombi-fälla	20	10/30	93 (73–107)	8,41 (4,05–13,45)	1,02 (0,87–1,31)
Å/Å ₂ x z	SVA	Boden	Hiss	20				
Å/Å ₂ x s	SVA	Seskarö	PU-fälla	20	11/29	93 (74–117)	8,03 (3,70–16,96)	0,94 (0,72–1,16)
Å/Å ₂ x s	SVA	Risudden	Drivgarn	20				
Å/Å ₂ x s	SVA	Seskarö	PU-fälla	11	10/21	99 (70–117)	10,10 (4,06–20,60)	1,13 (0,69–1,50)
Å/Å ₂ x s	SVA	Risudden	Drivgarn	20				
Å/Å ₂ x s	SVA	Seskarö	PU-fälla	13	2/31	86 (68–116)	6,94 (3,40–18,16)	1,07 (0,93–1,17)
Å/Å ₂ x s	SVA	Risudden	Drivgarn	20				
P ^a k ^a				473	182/290 ²	87 (48–123) ⁴	6,70 (1,10–23,16) ⁵	1,03 (0,65–1,50) ⁴

N = Antal laxar; NA = Ej tillämpligt; PU = Push up; ¹ Luleälven; ² Kõn ej registrerat för en lax; ³ Vikt registrerad för tre laxar; ⁴ Data från 429 laxar; ⁵ Data från 426 laxar

Pf kzzÄ Yttre skador observerade vid generella provtagningar genomförda 2020–2024, där både frisk lax och lax med synliga skador har provtagits. Varje lax i kolumnen "Totalt N (%)" med skador" kan representeras i en eller flera av de nästföljande kolumnerna.

J ^a ~ ^o q q q	N ^o UW	J ^a ~ ^o q q q ^a § z ^a q	@	P ~ ^o z ^a @ Y ^o p ki « y ^a i ~ ^a	6 ^o i f z i q q ⁱ @ Y ^o p	? ky ^a sy « y ^a i ^ ^a @ Y ^o p	" i ^ ^a « c ^a ^ ^a @ Y ^o p	V ^a q { c q k z @ Y ^o p
Ä/Ä/Ä x s	SVA	Seskarö	19	10 (53)	2 (10)	8 (42)	1 (5)	1 (5)
Ä/Ä/Ä x s	SVA	Risudden	9	4 (44)	2 (22)	2 (22)	1 (11)	1 (5)
Ä/Ä/Ä x s	RV	Övertorneå	47	17 (36)	6 (13)	9 (19)	7 (15)	0
Ä/Ä/Ä x s ^a z	RV	Torneälvens mynning	174	56 (32)	39 (22)	38 (22)	8 (5)	3 (2)
Ä/Ä/Ä z	SVA	Seskarö	20	9 (45)	2 (10)	7 (35)	3 (15)	0
Ä/Ä/Ä z	SVA	Risudden	20	3 (15)	0	3 (15)	0	0
Ä/Ä _z x s	SVA	Seskarö	20	9 (45)	3 (15)	7 (35)	0	2 (10)
Ä/Ä _z x s	SVA	Risudden	20	8 (40)	5 (25)	5 (25)	0	2 (10)
Ä/Ä _z x z ^a	SVA	Lövsjär	20	11 (55)	6 (30)	7 (35)	2 (10)	0
Ä/Ä _z x z ^a	SVA	Boden	20	10 (50)	7 (35)	2 (10)	2 (10)	0
Ä/ÄÄ x s	SVA	Seskarö	20	5 (25)	1 (5)	4 (20)	0	0
Ä/ÄÄ x s	SVA	Risudden	20	12 (60)	9 (45)	6 (30)	0	1 (5)
Ä/ÄÄ x s	SVA	Seskarö	11	2 (18)	1 (9)	0	1 (9)	0
Ä/ÄÄ x s	SVA	Risudden	20	14 (70)	11 (55)	6 (30)	2 (10)	2 (10)
Ä/ÄÄ x s	SVA	Seskarö	13	11 (85)	11 (85)	7 (54)	3 (23)	0
Ä/ÄÄ x s	SVA	Risudden	20	11 (55)	7 (35)	5 (25)	3 (15)	0
P ~ ^o z ^a @			473	194 (41)	112 (24)	116 (25)	33 (7)	10 (2)

¹ Inkluderar rodnad och akut blödning som kan ha orsakats av fångsten; ² Inkluderar ärr och rodnad/skada på fenorna, med undantag för skador som anses ha orsakats av fångsten. ³ Inkluderar UDN-liknande förändringar, RVS och ärr; ⁴ Luleälven

Hudblödning och mekaniska skador var de vanligaste fynden i de generella provtagningarna (**Tabell 2**). Av de 67 fall av hudrodnader och hudblödningar som SVA registrerade var dock endast sju subakuta (se **Figur 3E**), vilket innebär att de var mer än några dagar gamla och definitivt inte orsakade av fångsten. Det finns ingen tillgänglig information om stadium (akut/subakut/kronisk) på hudblödningar som registrerats för laxen som provtogs av RV. Av de 69 laxar med mekaniska sår som SVA provtog hade 15 endast ärr (**Figur 3A**) och 17 hade sår som nästan var läkta (**Figur 3B**), medan ärrbildning endast noterades för en lax från RV:s mynningsprovtagning. Många av de mekaniska sår som registrerades orsakades av sälar, men det fanns också sår orsakade av krokning (**Figur 3C**). Dessutom registrerade RV skador som bedömdes ha orsakats av nät runt huvudet hos 11 laxar från mynningen och 2 från Övertorneå. Av dessa var åtta skador gamla och fem var färska. SVA registrerade två fall av gamla, nätorsakade skador under 2021, ett på Seskarö (**bild 4, Bilaga 1**) och ett vid Lövsjär.



Figur 3. **A)** Läkta bitsår. **B)** Nästan läkt bitsår där kloaken har slitits sönder, och reaktiv hyperplasi i tarmslemhinnan har uppstått under läkningen. **C)** Kronisk inflammation efter krokning där laxen slitit sig och linan trasslat in sig i ena bukfenan. **D)** Carlin-märke inbäddat i ryggmuskeln. **E)** Subakut hudblödning (RSD) hos kelthona. **F)** Gammalt sår av okänt (möjligen nejonöga) ursprung, med tidig *Saprolegnia*-infektion (brun missfärgning). **G)** Djup UDN-liknande nekros och *Saprolegnia*-infektion på huvudet.

Två laxar som SVA provtog 2020 hade märkts med Carlin-märken. Den ena hade bara djupa ärr kvar, men i den andra satt märket fortfarande på plats, inbäddad i ryggmuskeln (**Figur 3D**). Märket var från finska utsättningar och laxen hade sitt ursprung i Torneälven. Den andra laxen var sannolikt av samma ursprung eftersom Sverige slutade använda Carlin-märken för cirka 10 år sedan.

UDN-liknande skador på huvudet identifierades hos tre laxar, en från vardera av Seskaröprovtagningarna 2020 och en från Bodenprovtagningen 2021, samt dessutom hos en havsöring som oavsiktligt fångats i Seskarö-fällan 2023 (**Figur 3G**). Potentiellt red vent syndrome (*Anisakis simplex*-infektion vid anus) identifierades hos sju laxar (SVA). Övriga icke-mekaniska sår var av okänt ursprung.

Båda kelthonorna hade hudblödningar och tidiga vattenmögelinfektioner, medan kelthanen inte hade några synliga skador.

Skador som registrerades som vattenmögel, nio av SVA, och tre av RV var extremt lindriga (**Figur 3F**), med undantag för en havsöring som SVA inte inkluderade i den generella provtagningen utan bara tog prov för algsvampanalys från (**Figur 3G**).

HÄLSA1- och HÄLSA2-index kunde bestämmas för 251 av de 252 laxar som SVA provtog. För en lax som provtogs 2024 saknades fotodokumentation och därmed kunde hälsotillståndet inte verifieras trots att inga anteckningar om lesioner förutom akut hudblödning på buken gjordes i journalen. Ingen lax klassificerades som HÄLSA1 ”5”, d.v.s. allvarlig/terminal sjukdom med massiv svamp-/algsvampinfektion. Könsfördelningen i HÄLSA-kategorierna var följande:

6%N' ě J~a q	@	6~ ^a Ÿ Ć ^ Ć ^z^ r ^ ^aP	6~ ~a Ÿ Ć ^ Ć ^z^ r ~ ~aP
1	166	51 (57,3)	115 (71,0)
2	62	31 (34,8)	31(19,1)
3	14	6 (6,7)	8 (4,9)
4	9	1 (1,1)	8 (4,9)
5	0	0	0
6%N' Ä J~a q			
1	166	51 (57,3)	115 (71,0)
2	46	19 (21,3)	27 (16,7)
3	39	19 (21,3)	20 (12,3)
P~^aZ®	ÄÄĚ	ÄÄĬÄ Ÿ Ć ^z^ ÄÄÄ z^ ^aP	ÄÄĬÄ Ÿ Ć ^z^ ÄÄÄ z^ ^aP

En större andel av honorna (115 av 162, 71 %) bedömdes som friska (HÄLSA1/2 poäng 1) jämfört med hanarna (51 av 89, 57,3 %). För HÄLSA1 poäng 2–4 och HÄLSA2 poäng 2–3 var det bara i HÄLSA1 poäng 4 som det var en större andel honor än hanar.

Inre skador

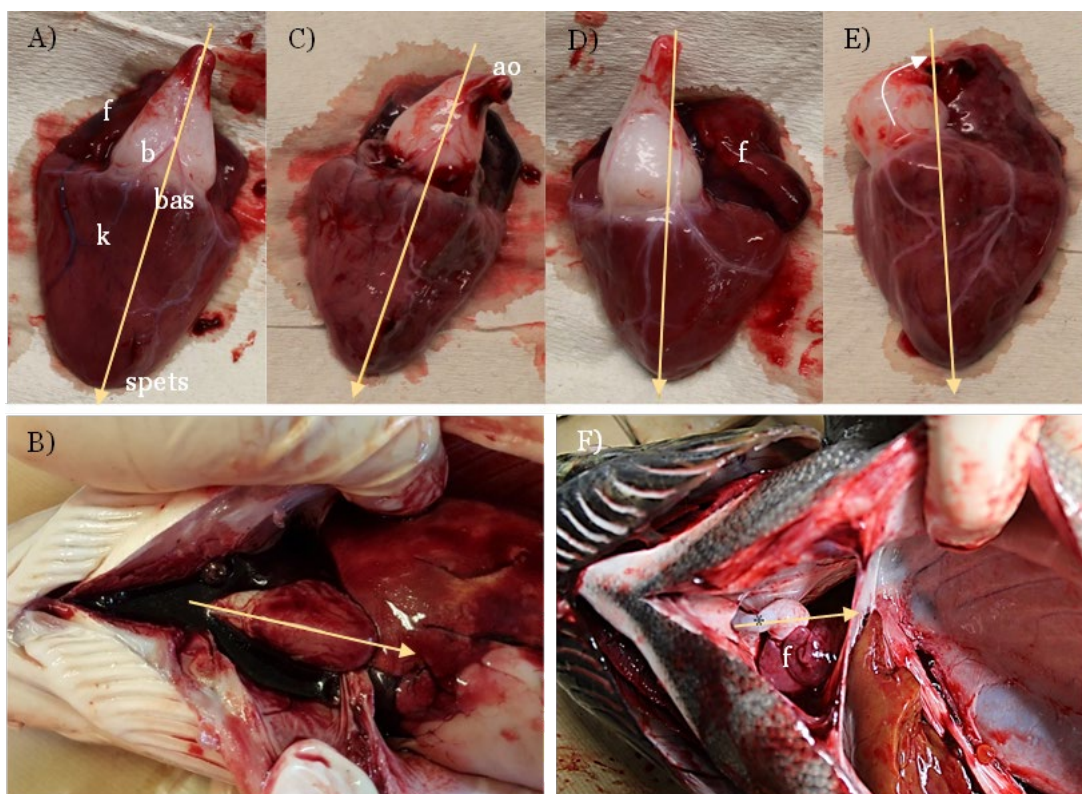
Det vanligaste fyndet i bukhålan var parasiter. Bandmaskar (*Eubothrium* sp.), sannolikt *Eubothrium crassum*, hittades i samtliga laxars blindtarmar, från några få maskar till massiva mängder. Hos två laxar påträffades rundmaskar ur gruppen Anisakider, sannolikt *Contracaecum osculatum* (sälmask), i levern. Cystor, troligen orsakade av parasitlarver (även om inga larver sågs) hittades i fyra mjältar och på en tarmvägg.

Melanisering (svartfärgning) av buk fettet eller bukhinnan utan synliga skador sågs hos 11 laxar. Detta tyder på en immunreaktion, vanligtvis mot parasiter eller virusinfektioner som infektiös pankreasnekros.

Inre blödningar observerades i levern hos fyra laxar och i romsäcken hos en lax. Blödningen i romsäcken uppstod sannolikt under fångsten. Förstorad mjälte noterades hos 10 laxar och extremt skör mjälte hos fem laxar.

Kelthonorna saknade fettdepåer i buken, vilket tyder på att de var utmärglade. Det finns ingen information om fettdepåerna hos kelthanen, men de kan antas vara extremt små.

Hos Luleälvsloxen noterades missbildningar av hjärtat i form av en förskjuten aortabulb hos 9 av 40 laxar (Figur 4). Förändringen av aortabulbens position ledde till att förmaket försköts något åt vänster, men själva övergången mellan förmak och kammare var i normal position. Missbildningen ledde också till en onormal positionering av hjärtat i hjärthålan (**Figur 4F**). Vid en uppföljande provtagning i Luleälven i oktober (för ett annat projekt) konstaterades att 6 av 20 laxar hade samma förändring. De flesta av laxarna uppskattades ha varit två år i havet, och fenklipp skickades för DNA-analys vid Sveriges Lantbruksuniversitet för att kontrollera om de var nära släkt. Inga syskon förekom bland laxarna med hjärtförändringar.



4sq * **ÅI** Hjärtavvikelser identifierade hos Luleälvslox 2021. De gula pilarna indikerar den naturliga "bas till spets-axeln" i hjärtat. Alla bilder visar hjärtat sett från buksidan. " **P** & * **P** Normalt hjärta, där kammaren (k), hjärtbulben (b) och förmaket (f) är i linje med varandra. + **P** Mindre missbildning, med normal axel förutom att övergången mellan hjärtbulben och aorta (ao) är böjd. - **P** Högersidig förskjutning av hjärtbulben, med en liten böjning vid övergången till aorta, och ett något vänsterförskjutet förmak. / **P** Högersidig förskjutning av hjärtbulben med kraftig böjning vid övergången till aorta (vit pil) och exponering av det något vänsterförskjutna förmaket. **4P** Roterad position av hjärtat i hjärthålan, exponerar den böjda aortan (*) och förmaket (f), medan spetsen har förskjutits dorsalt.

RIKTADE PROVTAGNINGAR AV LAX MED SYMPTOM

Totalt provtogs 35 laxar och 1 havsöring med synliga skador av RV (**Tabell 3**) utöver den generella provtagningen. Under 2020 och 2021 mottogs största delen av de sjuka laxarna från allmänheten sent på hösten, medan man under 2022 och 2023 provtog lax fångad i ryssjor eller med handredskap mellan juni och augusti. Konditionsfaktorn för lax med symptom var signifikant lägre 2020 och 2021 jämfört med 2022 och 2023 ($p < 0,05$). Det fanns också en skillnad i könsfördelning mellan åren, där fler honor undersöktes 2020 – 2021 och fler hanar undersöktes 2022.

Tabell 3. Riktade provtagningar på lax och havsöring med symtom, genomförda av RV under åren 2020–2024.

$\mathbb{J}^{\mathfrak{a}} \sim \mathfrak{e}^{\mathfrak{a}} \mathfrak{q} \mathfrak{s} \mathfrak{q}$	$\mathbb{J}^{\mathfrak{a}} \sim \mathfrak{e}^{\mathfrak{a}} \mathfrak{q} \mathfrak{s} \mathfrak{q} \mathfrak{z}^{\mathfrak{a}} \mathfrak{e}^{\mathfrak{a}}$	$4\mathfrak{c} \mathfrak{q} \mathfrak{e}^{\mathfrak{a}}$ { $\mathfrak{k}^{\mathfrak{a}} \mathfrak{i}$	@	$=\mathfrak{c} $ $\mathfrak{Y} \sim \mathfrak{A} \mathfrak{U} \mathfrak{A} \mathfrak{k} \mathfrak{b}$	$>\mathfrak{a} \mathfrak{q} \mathfrak{i} \mathfrak{i} \mathfrak{g}$ { $\mathfrak{k} \mathfrak{i} \mathfrak{s}^{\mathfrak{a}}$ } $\mathfrak{Y} \mathfrak{q} \mathfrak{e}^{\mathfrak{a}} \mathfrak{z}^{\mathfrak{a}}$	$\mathbb{V} \mathfrak{y} \mathfrak{i} \mathfrak{y} \mathfrak{q}$ { $\mathfrak{k} \mathfrak{i} \mathfrak{s}^{\mathfrak{a}}$ } $\mathfrak{Y} \mathfrak{q} \mathfrak{e}^{\mathfrak{a}} \mathfrak{z}^{\mathfrak{a}}$	$= \sim \mathfrak{i} \mathfrak{s}^{\mathfrak{a}} \sim \mathfrak{p}^{\mathfrak{a}} \mathfrak{y}^{\mathfrak{a}}$ { $\mathfrak{k} \mathfrak{i} \mathfrak{s}^{\mathfrak{a}}$ } $\mathfrak{Y} \mathfrak{q} \mathfrak{e}^{\mathfrak{a}} \mathfrak{z}^{\mathfrak{a}}$
$\mathbb{A}^{\mathfrak{a}} \mathbb{A}^{\mathfrak{a}}$ $\mathfrak{x} \mathfrak{s}^{\mathfrak{a}} \sim \mathfrak{y}^{\mathfrak{a}} \mathfrak{f} \mathfrak{k}^{\mathfrak{a}}$ $\sim^{\mathfrak{a}} \mathfrak{k} \{ \mathfrak{f} \mathfrak{k}^{\mathfrak{a}}$	Torneå, Uleälvens mynning	nät	8	1/61	90 (11 – 110)	6 (1,7–10,6) ³	0,79 (0,65–0,86) ³
$\mathbb{A}^{\mathfrak{a}} \mathbb{A}^{\mathfrak{a}}$ $\mathfrak{x} \mathfrak{s}^{\mathfrak{a}} \sim \mathfrak{y}^{\mathfrak{a}} \mathfrak{f} \mathfrak{k}^{\mathfrak{a}}$ $\sim^{\mathfrak{a}} \mathfrak{k} \{ \mathfrak{f} \mathfrak{k}^{\mathfrak{a}}$	Torne- och Uleälvens mynningar, Torneå, Kolari, Pello	NA	122	3/9	92 (54–110)	6,8 (1,5–14,0)	0,80 (0,66–1,11)
$\mathbb{A}^{\mathfrak{a}} \mathbb{A}^{\mathfrak{a}}$ $\mathfrak{x} \mathfrak{s}^{\mathfrak{a}} \mathfrak{q}^{\mathfrak{a}} \mathfrak{e}^{\mathfrak{a}}$	Torneälvens mynning, Torneå, Kolari, Pello	Ryssjor eller hundredskap	8	6/2	112 (86–117)	14 (6,7 – 16,5)	1,01 (0,89–1,26)
$\mathbb{A}^{\mathfrak{a}} \mathbb{A}^{\mathfrak{a}}$ $\mathfrak{x} \mathfrak{s}^{\mathfrak{a}} \mathfrak{q}^{\mathfrak{a}} \mathfrak{e}^{\mathfrak{a}}$	Torneälvens mynning, Pello, Kolari, Muonio	Ryssjor eller hundredskap	7	3/4	91 (82–103)	7,14 (5,08–14,7)	1,03 (0,83–1,23)
$\mathbb{A}^{\mathfrak{a}} \mathbb{A}^{\mathfrak{a}}$ $\mathfrak{e}^{\mathfrak{a}} \mathfrak{q}^{\mathfrak{a}} \mathfrak{e}^{\mathfrak{a}}$	Pello	NA	1	1/0	93	NA	NA
$\mathbb{P} \sim \mathfrak{e}^{\mathfrak{a}} \mathfrak{z}$			$\mathbb{A} \mathbb{A}$	$\mathfrak{z} \mathbb{A} \mathbb{U} \mathfrak{z}$	$\mathfrak{C} \mathbb{A} \mathfrak{Y} \mathfrak{z} \mathfrak{z} \mathfrak{z} \mathfrak{A} \mathfrak{b}$	$\mathbb{A} \mathfrak{i} \mathfrak{C} \mathbb{A} \mathfrak{Y} \mathfrak{i} \mathbb{A} \mathfrak{z} \mathfrak{A} \mathfrak{i} \mathbb{A} \mathfrak{b}$	$\mathfrak{z} \mathbb{A} \mathfrak{C} \mathfrak{z} \mathfrak{Y} \mathfrak{i} \mathbb{A} \mathfrak{A} \mathfrak{z} \mathfrak{i} \mathbb{A} \mathfrak{b}$

N = Antal laxar; NA = Ej tillämpligt; ¹ kön ej bestämt för en smolt; ² inkluderar en havsöring; ³ vikt och CF ej fastställd för en smolt.

Lesioner registrerades för nästan alla laxar som rapporterats som sjuka (**Tabell 4**). Vanligast var hudblödningar och/eller vattenmögel. Blödningarna noterades på bukhuden och/eller runt fenbaserna. Sår och mekaniska skador noterades endast hos tre respektive två laxar. De mekaniska skadorna orsakades med största sannolikhet av sälar. Andra sår var vanligtvis vävnadsdöd på hud eller fenor. En lax hade fjällförlust som på grund av skadans utseende misstänktes ha orsakats av nätskada.

Vattenmögel observerades hos 21 symtomatiska laxar under 2020, 2021 och 2023 (**Tabell 4**). År 2020 hade en smolt som provtogs i juli vattenmögel på gälarna och laxarna som provtogs i oktober och november var kraftigt infekterade av vatenmögel på hud och fenor. År 2021 hade laxen som provtogs i juni lindriga vattenmögelskador, medan lax och en havsöring som provtogs i november var kraftigt infekterade. Lax som provtogs i juni och augusti 2023 hade lindriga vattenmögelskador.

Av fiskarna med symtom undersöktes 24 för bandmask och 19 (79 %) av dessa hade bandmask (*Eubothrium* sp.) i blindtarmsregionen. Den uppskattade parasitbördan var oftast hög eller mycket hög. En lax som fångades i Uleälven hade en rundmask (*Contracaecum osculatum*) i levern.

Tabell 4. Lesioner hos lax och havsöring undersökta i de riktade provtaningarna 2020–2024. Varje lax i kolumnen "Totalt N (%) med skador" kan representeras i en eller flera av nästföljande kolumner.

J ^a ~ ^ˆ ʌq s q	J ^a ~ ^ˆ ʌq s q«Šz ^ˆ «	@	P~ ^ˆ z ^ˆ @ Ÿć p{ ki z«s~ k ^a	6 ⁻ i f z i s q ⁱ @ Ÿć p	? ky ^ˆ sy «y ^ˆ i ʌ ^ˆ @ Ÿć p	" i ^a ˆ «c ^a ˆ @ Ÿć p	V ^ˆ «k { c q k z @ Ÿć p
À%À% x̄ zī ~y ^ˆ «f k ^a ī ~ ^ˆ k{ f k ^a	Torneå, Uleälvens mynning	8	8 (100)	3 (37,5)	1 (12,5)	1 (12,5)	8 (100)
À%À% x̄ sī ~y ^ˆ «f k ^a ī ~ ^ˆ k{ f k ^a	Torne- och Ule- älvens mynningar, Torneå, Kolari, Pello	124	12 (100)	6 (50)	0	2 (16,7)	9 (75)
À%ÀÀ x̄ sī ^ˆ q ⁻ « ^ˆ s	Torneälvens mynning, Torneå, Kolari, Pello	8	7 (88)	7 (88)	1 (12,5)	0	0
À%ÀÀ x̄ sī ^ˆ q ⁻ « ^ˆ s	Torneälvens mynning, Pello, Kolari, Muonio	7	6 (85,7)	2 (28,6)	0	1 (14,3)	4 (57,1)
À%ÀÀ ^ˆ q ⁻ « ^ˆ s	Pello	1	1	1	0	0	0
P~ ^ˆ z ^ˆ		ÀÀ	ÀÀ ŸćÀP	ı Ç ŸÀP	À ŸÀP	À ŸćıP	À% ŸÀP

¹ Inkluderar rodnad och akut blödning som kan orsakas av fångst; ² Omfattar ärr och rodnad/skada på fenorna, med undantag för skador som anses ha orsakats av fångsten. ³ Inkluderar UDN-liknande nekros, red vent syndrome och ärr; ⁴ Inkluderar en havsöring

LABORATORIEANALYSER

Virologi

Alla virusundersökningar avseende IHNV, IPNV, VHSV, SAV, ISAV och PMCV var negativa. Tjugofem laxar undersöktes för PRV (**Tabell 5**). Av dessa var det en lax som fångades 2023 i Bottenviken nära Torneälvens mynning PRV-positiv.

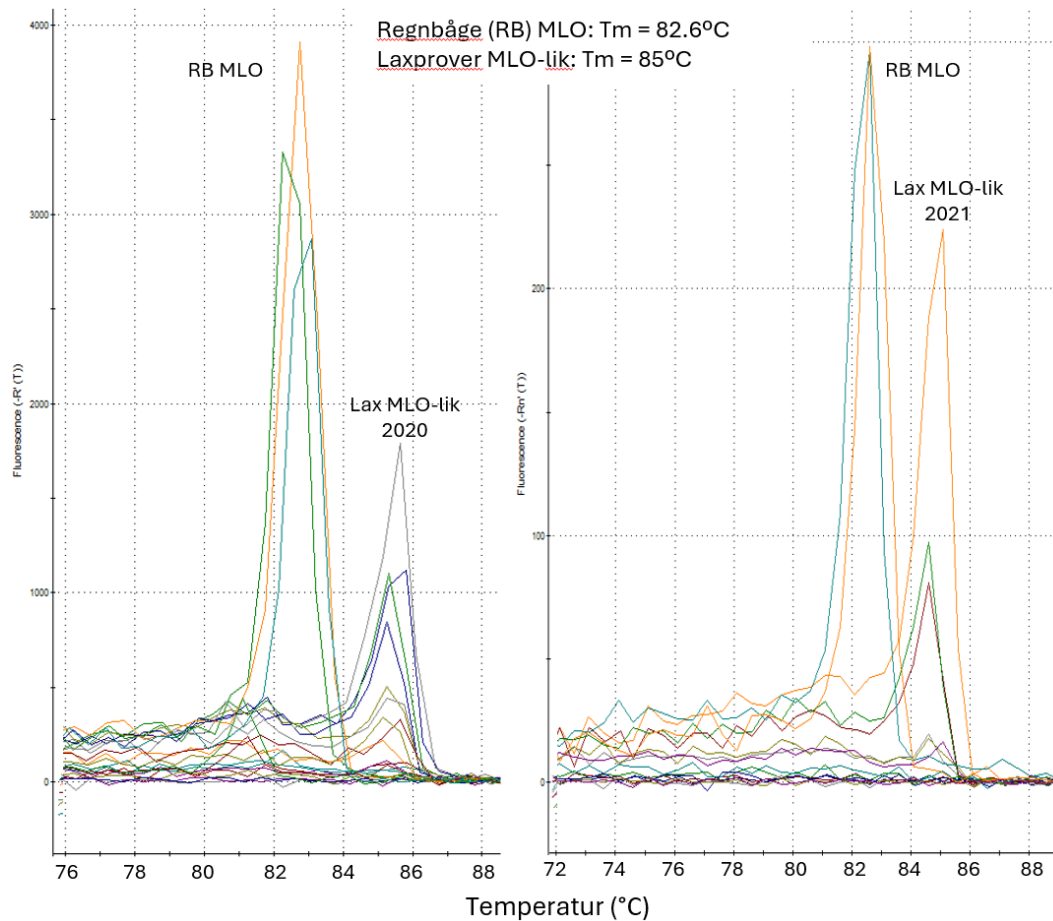
Bakteriologi

Bakterieodling gjordes från 37 laxar och specifik bakterietillväxt påträffades endast hos sju laxar, varav tre hade fångats i Torneälven och fyra hade fångats i Uleälven eller i Bottenviken. Alla sju var infekterade med *Iodobacter limnosediminis*.

Tjugofyra laxar och havsöring undersöktes för BKD. Alla resultat var negativa.

Femtiosex laxar undersöktes för midichloria-liknande organismer (MLO) med qPCR. Alla prover var negativa för MLO, men 24 prover hade så kallad ospecifik amplifiering av DNA. Ytterligare undersökningar genomförda av DTU Aqua visade att de så kallade smältkurvorna i amplifieringsprocessen nådde sin topp vid samma temperatur

för alla våra prover men vid en annan temperatur än MLO-prover (**Figur 5**). Detta indikerar förekomst av identiskt DNA i laxproverna, men att DNA är annorlunda än i MLO-proverna. Tillsammans indikerar resultaten från qPCR och smältkurvan att det finns en organism, potentiellt besläktad med MLO, i proverna. Vi kallar fortsättningsvis detta för en MLO-liknande organism i rapporten.



Figur 5. Smältkurvor för MLO-prover och våra laxprover. DNA från MLO har en smälttemperatur (T_m) på 82,6 °C medan DNA från den MLO-liknande organismen har en smälttemperatur (T_m) på 85 °C.

Vattenmögel

Fem av de sex fallen med misstänkt eller lindrig förekomst av vattenmögel från SVA:s provtagningar undersöktes vidare. Dessutom togs ett prov från en havsöring med massiv vävnadsdöd och vattenmögel på huvudet, och som också fångades i Seskaröfällorna under 2023. Under 2021 utfördes qPCR för *Saprolegnia* sp. (N=3) och ingen infektion upptäcktes. Under 2022 och 2023 genomfördes odling följt av qPCR, där vi identifierade ett fall av *S. diclina* (2022), två fall av *S. parasitica* (2023, inklusive havsöringen) och ett fall med obestämmd *Saprolegnia* sp. Hudprover från sju av 21 sjuka laxar med vattenmögel i RV:s provtagningar (**Tabell 4**) analyserades (**Tabell 5**). År 2020 konstaterades att vattenmögel isolerat från två laxar var orsakat av *Saprolegnia parasitica* (Engblom et al. 2023). Under 2023 testades alla fyra undersökta vattenmögelisolat negativt för *S. parasitica* med qPCR och identifierades istället som svampinfektioner med *Didymella* sp., *Mucor* sp., *Pithomyces* sp. och *Cladosporium* sp. genom ITS-sekvensanalys (Härkönen et al. 2024).

Tabell 5. Antal prover och laboratorieresultat för påvisande av patogener under 2020–2024. Resultaten visas som antal positiva/totalt antal prover.

År	Provtagning	Antal laxar med symptom /totalt antal laxar	Virologi						Bakteriologi				Vattenmögel ³
			Odling ¹	SAV	ISAV	PRV	(SGPV)	PMCV	Odling	BKD	MLO-liknande ²	SRS	
2020	SVA	26 / 68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2020	RV ÖT	8 / 62	0/20	0/20	0/3	-	0/3	-	0/6	-	1/3	-	-
2020	RV M	19 / 47	0/6	0/6	0/3	-	0/3	-	0/6	-	2/3	-	-
2020	RV R	8/8	0/4	0/4	0/3	0/3	0/2	0/3	3/8	0/2	4/6	0/3	2/2
2021	SVA To	26 / 40	0/4	0/5	-	-	-	-	-	-	2/6	-	0/3
2021	SVA L	31 / 40	0/4	-	-	-	-	-	-	-	5/7	-	-
2021	RV R	12/12 ⁴	0/12	0/12	0/12	0/11	-	-	4/8	0/11	3/11	-	-
2022	SVA	17 / 40	0/4	-	-	-	-	-	0/1	-	0/11	-	1/1
2022	RV R	7/8	0/5	0/5	0/2	0/5	-	-	0/1	0/5	0/8	-	-
2023	SVA	16 / 31	-	-	-	-	-	-	-	-	7/7	-	3/3
2023	RV R	6/7	0/5	0/5	0/5	1/5	-	-	0/6	0/6	0/4	-	0/4
2024	SVA	22 / 33	-	-	-	-	-	-	-	-	?/7 - RP	-	-
2024	RV R	1/1	0/1	0/1	0/1	0/1	-	-	0/1	0/1	-	-	0/1
Totalt		182	0/65	0/58	0/29	1/25	0/8	0/3	7/37	0/25	24/56	0/3	6/14

ÖT = Övertorneå-provtagningen, M = mynningsprovtagning, R = Riktad provtagning, To = Torneälven, L = Luleälven, RP = resultat väntar; ¹ IHNV, IPNV, VHSV, EHN; ² MLO-liknande organism identifierad med PCR inriktad på att påvisa MLO; ³ Analyserad genom odling, qPCR och/eller sekvensering; ⁴ Inkluderar fyra laxar och en havsöring från Uleälvens mynning och uppströms i älven

Blodanalyser

En sammanfattning av resultaten för hemoglobin (Hb), hematokrit (Htk), blodglukos, blodlaktat (hädanefter refererade till som glukos respektive laktat) och tiamin presenteras i **Tabell 6**. Hemoglobin, hematokrit och tiamin analyserades för alla år, glukos analyserades 2020–2021 och 2023–2024, laktat analyserades 2020 och 2024 och slutligen tiamin analyserades alla år.

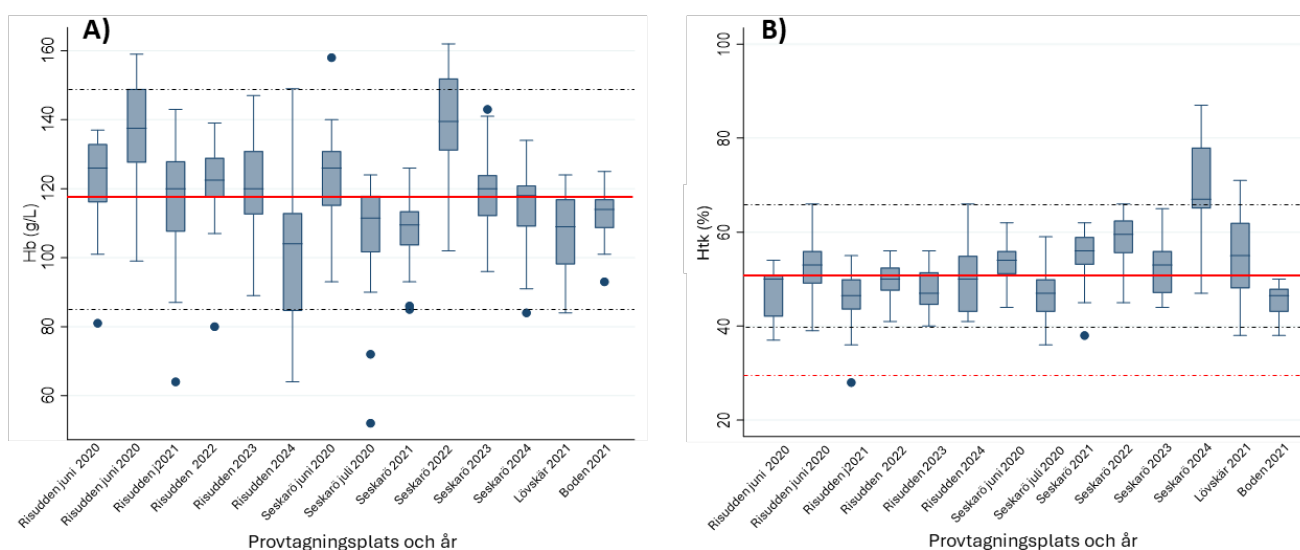
Tabell 6. Sammanfattande resultat av blodanalyser i Torneälvslax och Luleälvslax 2020-2024.

J ^a -år ¹ q q	NW ² UW	@	6 f YqÜP	6 y YC P	5 z y~« Y { ~dÜP	> y ³ Y { ~dÜP
			{ ki sY Y q I{ YP	{ ki sY Y q I{ YP	{ ki sY Y q I{ YP	{ ki sY Y q I{ YP
Å/Å/Å s	SVA	28	126 (81; 158)	53 (37; 62)	3,7 (0,6; 10,0) ¹	14,8 (10,6; 18,9)
Å/Å/Å z	SVA	40	120 (52; 159)	50 (36; 66)	4,4 (0,4; 9,8)	14,3 (1,5; 19,4)
Å/Å P~ kaz k	SVA	40	113 (64; 143)	51,5 (28; 62)	3,2 (1,1; 7,4)	-
Å/Å > kaz k	SVA	40	113 (84; 125) ²	48,0 (38; 71)	6,0 (2,7; 12,9)	-
Å/Å	SVA	40	131 (80; 162)	53,5 (41; 66)	-	-
Å/Å	SVA	31	120 (89; 147)	49 (40; 65)	3,7 (0,9; 6,8)	-
Å/Å	SVA	33	109 (64; 149)	55 (41; 87)	2,0 (0,6; 7,2)	12,8 (6,3; 18,1)
P~ ³		ÅÅÅ	z z Å/Å/Å ÅÅP	Å z Å/Å/Å	Å/Å/Å ā z Å/ÅP	z Å/Å z Å/Å/Å Å/ÅP
J ^a -år ¹ q q	NW ² UW	@	P~ ³ { ~dÜ	PJJ { ~dÜ	P? J { ~dÜ	Pp ³ { ~dÜ
			{ ki sY Y q I{ YP	{ ki sY Y q I{ YP	{ ki sY Y q I{ YP	{ ki sY Y q I{ YP
Å/Å/Å s	SVA	24	0,90 (0,57; 1,60)	0,68 (0,43; 1,04)	0,16 (0,09; 0,38)	0,07 (0,03; 0,18)
Å/Å/Å s z	RV ³	28	0,73 (0,52; 1,43)	0,37 (0,28; 0,62)	0,31 (0,17; 0,58)	0,08 (0,04; 0,28)
Å/Å/Å z	SVA	39	0,80 (0,45; 1,11)	0,61 (0,32; 0,85)	0,14 (0,08; 0,24)	0,06 (0,03; 0,12)
Å/Å P~ kaz k	SVA	40	1,03 (0,26; 1,53)	0,76 (0,22; 1,15)	0,18 (0,04; 0,63)	0,07 (0; 0,12)
Å/Å > kaz k	SVA	30	0,96 (0,32; 1,62)	0,61 (0,27; 1,05)	0,19 (0,05; 0,40)	0,10 (0; 0,29)
Å/Å	SVA	40	1,06 (0,51; 1,51)	0,75 (0,39; 1,07)	0,20 (0,08; 0,38)	0,07 (0,03; 0,15)
Å/Å	SVA	31	1,12 (0,63; 1,54)	0,81 (0,49; 1,09)	0,19 (0,10; 0,28)	0,10 (0,04; 0,19)
Å/Å	SVA	33	0,96 (0,65; 1,38)	0,71 (0,50; 1,08)	0,18 (0,11; 0,29)	0,08 (0,05; 0,20)
P~ ³		265	0,93 (0,26; 1,62)	0,67 (0,22; 1,15)	0,18 (0,04; 0,63)	0,07 (0; 0,29)

¹ Värden från 27 laxar; ² Värden från 37 laxar; ³ Prover från både Torneälvens mynning (N=13) och Övertorneå (N=15); Hb = hemoglobin; Htk = hematokrit; Ttot = totaltiamin; TPP=tiaminpyrofosfat; TMP = tiaminmonofosfat; Tfritt=fritt tiamin

För både hemoglobin och hematokrit fanns det en årlig variation i uppmätta nivåer. Hemoglobin kunde mätas hos 248 av de 252 laxar som SVA provtog och varierade från 52 g/L till 162 g/L, med ett sammanlagt medianvärde på 118 g/L (**Tabell 6, Figur 6A**). Detta är i enlighet med tidigare publicerade värden för odlad lax (ca 60–160 g/L vid 8 °C vattentemperatur (Porter et al., 2022); 89–104 g/L (Sandnes et al., 1988)) men mycket lägre än i en annan publikation (408–687 g/L för 95 % av provtagna laxar, Rozas-Serri et al., 2022). Hematokrit kunde mätas hos alla laxar som SVA provtog. Hematokriten varierade från 28 till 87 %, med ett medianvärde på 51 % (**Figur 6B**). Intervallet är bredare än vad som tidigare publicerats avseende vuxen odlad lax, och medianen ligger nära eller över den övre gränsen av de publicerade intervallen (40–60 %

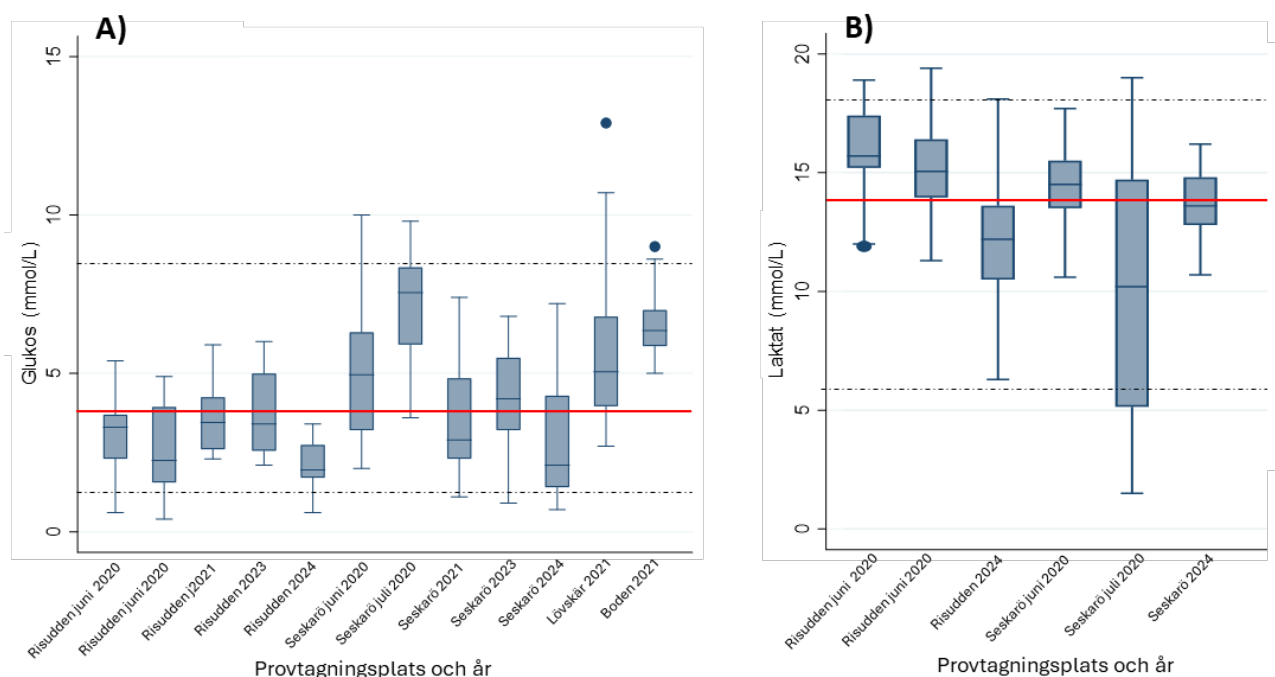
(Currie et al., 2022); ca 22–38 % vid 8°C vattentemperatur (Porter et al., 2022); 29–53 % för 95 % av provtagna laxar (Rozas-Serri et al., 2022); 44–49 % (Sandnes et al., 1988)). Det finns inga publicerade gränsvärden för hemoglobin när det gäller anemi hos fisk. För hematokrit uppger Currie et al. (2022) att veterinärer i Skottland använder 25 % som anemigräns för lax, men fann att hematokritvärdena vid fall med symptom på anemi varierade mellan 25–35 %. Eftersom de kliniska tecknen på sjukdom i de fall som beskrevs också kan relateras till andra faktorer, har vi valt att använda 30 % som gränsvärde. En lax som provtogs vid Risudden 2021 var därmed anemisk, med ett hematokritvärde på 28 % (**Figur 6B**). Det finns också en fastslagen gräns för allvarlig anemi, vilket uppträder när hematokriten är 10 % eller lägre (Anonym, 2016).



Figur 6. Box-plottar för: **A)** Hemoglobin (Hb) (g/L) och **B)** Hematokrit (Htk) (%) för alla individer. Heldragna röda linjer indikerar medianen och streckade svarta linjer visar intervallet för 95 % av den provtagna populationen. Streckad röd linje i **B)** indikerar gränsvärdet för anemi. Observera att Y-axeln inte börjar vid 0, utan vid ca 50 g/L (Hb) och 18 % (Htk).

Glukos analyserades hos 211 laxar och varierade från 0,4 - 12,9 mmol/L (**Tabell 6**), vilket är en större variation än det publicerade normalintervallet för 95 % av provtagen vuxen, odlad lax (4,0–7,3 mmol/L, Rozas-Serri et al., 2022). Det sammanlagda medianvärdet var 3,8 mmol/L (**Tabell 6, Figur 7A**), vilket alltså ligger något under den lägre gränsen för normalintervallet. För att möjliggöra marginaler för ansträngning och stresshöjning av glukosvärden, samt med hänsyn till att mätinstrumentet inte utvecklats eller kalibrerats för fiskblod och med tanke på att publicerade referensvärden täcker 95 % och inte 100 % av populationen som ingår i den studien sattes 2–10 mmol/L som normalintervall för frisk lax i vårt dataset. Denna gräns sattes redan när vi började bearbeta det svenska datasetet för 2020–2022 (inklusive Vindelälven, Klarälven och Ätran, opublicerade data). I datasetet för Torneälven och Luleälven var det tre laxar från Lövskär i Luleälven som överskred gränsen på 10 mmol/L, medan 22 laxar från Risudden och 9 laxar från Seskarö låg under gränsen på 2 mmol/L. Glukosvärdena var signifikant högre vid Seskarö än vid Risudden enligt Wilcoxons rangsummetest (median 4,5 mmol/L, intervall 0,7–10 mmol/L, N=82 vs. median 3,0 mmol/L, intervall 0,4–6 mmol/L, N=89, $p<0,001$). Glukosvärdena var högre i Luleälven (Lövskär: median 5,05 mmol/L, intervall 2,7–12,9 mmol/L, N=20; Boden: median 6,35 mmol/L, intervall 5–9 mmol/L, N=20) jämfört med Risudden

($p < 0,001$ för båda) och Seskarö (Lövsjär inte signifikant, Boden $p < 0,001$). Dessutom hade hanar i allmänhet högre glukosnivåer än honor (median för hanar 4,5 mmol/L, intervall 0,4–12,9 mmol/L, $N=79$; median för honor 3,5 mmol/L, intervall 0,4–12,9 mmol/L, $N=132$; $p < 0,05$, Wilcoxons rangsummetest). Sambandet var ännu mer signifikant när Torneälvs laxen jämfördes inbördes (hanar median 4,2 mmol/L, intervall 0,4–9,8 mmol/L, $N=69$; honor median 3,1 mmol/L, intervall 0,6–10 mmol/L, $N=102$; $p < 0,001$, Wilcoxons rangsummetest). Under 2020 och 2024 mättes laktat hos 101 laxar från Torneälven. Laktatvärdena varierade från 1,5–19,4 mmol/L, med en median på 13,9 mmol/L (**Tabell 6, Figur 7B**). Detta intervall är mycket större än det publicerade normalintervallet för 95 % av vuxen odlad lax (2,0–5,7 mmol/L, Rozas-Serri et al., 2022). För att möjliggöra marginaler för ansträngning och stresshöjning av laktatvärden, samt för att ta hänsyn till att mätinstrumentet inte utvecklats eller kalibrerats för fiskblod och med tanke på att publicerad referensvärden täcker 95 % och inte 100 % av den population som ingår i den studien, sattes en övre gräns på 10 mmol/L som det normala intervallet för frisk lax i vårt dataset. Lax med laktatvärden >10 mmol/L bedömdes lida av acidosis (kraftigt mjölksyraöverskott med surt blod) på grund av kraftig ansträngning eller stress, även om pH i blodet inte kunde mätas. Denna gräns sattes initialt för hela det svenska datasetet för 2020–2022 (inklusive Vindelälven, Klarälven och Ätran, opublicerade data). Det fanns inga signifikanta skillnader mellan Seskarö (median 13,8 mmol/L) och Risudden (median 14,2 mmol/L), $p > 0,05$, Wilcoxons rangsummetest, men i juli 2020 fanns det en markant spridning av värden vid Seskarö, jämfört med de andra proverna (**Figur 7B**). Det fanns inte heller några signifikanta skillnader mellan hanar och honor (median för hanar 14,6 mmol/L, intervall 1,5–19,4 mmol/L, $N=50$; median för honor 13,5 mmol/L, intervall 2–18,9



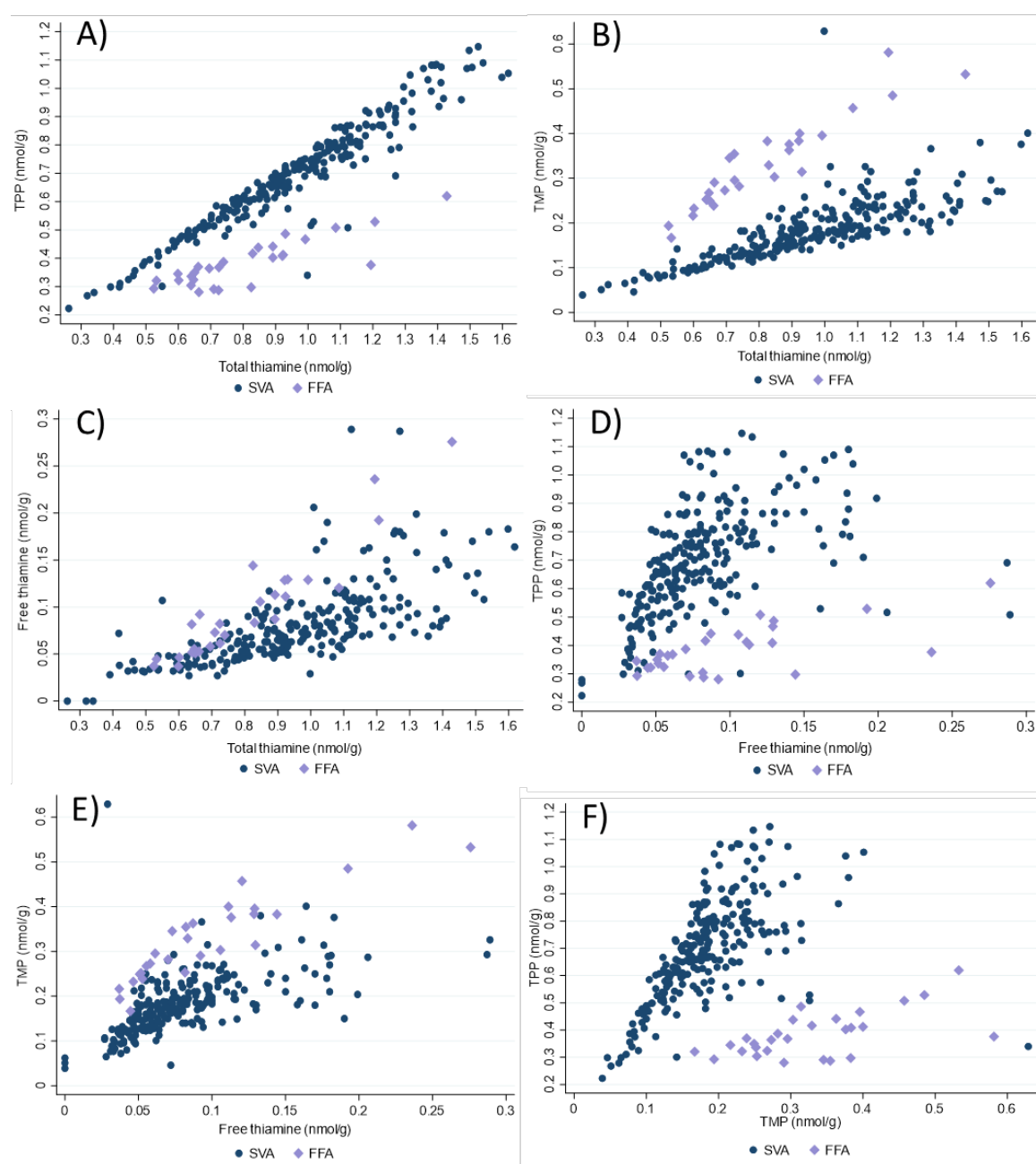
mmol/L, $N=51$; $p > 0,05$, Wilcoxons rangsummetest).

Figur 7. A) Blodsocker (mmol/L) och **B)** Blodlaktat (mmol/L) plottat mot fångstplats och år. Heldragen röd linje indikerar medianvärdet och streckade svarta linjer visar värdeintervallet för 95 % av den provtagna populationen.

Totalt analyserades 237 prover från SVA och 28 prover från RV med avseende på tiaminnehåll (**Tabell 6**).

Värdena varierade från 0,26 – 1,62 nmol/g (Ttot), 0,22 – 1,15 nmol/g (TPP), 0,04 – 0,63 nmol/g (TMP) och 0 – 0,29 nmol/g (Tfritt). Median- och intervallvärden per provtagning finns i **Tabell 6**.

Om man jämför data från 2020 (**Tabell 6**) finns synbara skillnader i medianen och intervallet för de olika tiamin-vitamererna mellan SVA- och RV-proverna även om totaltiamin låg på ungefär samma nivå. För att testa detta slogs SVA:s tiaminprover från juni + juli 2020 ihop till en grupp och Wilcoxons rangsummetest utfördes. Totaltiamin skilde sig inte signifikant mellan SVA:s och RV:s prover, däremot var Tfritt och TMP signifikant lägre i SVA-proverna ($p < 0,05$ respektive $p < 0,001$), och TPP var signifikant högre i SVA-proverna ($p < 0,001$). När SVA- och RV-värdena plottades mot varandra var skillnaden i TPP-, TMP- och Tfritt-värden mellan våra prover synlig (**Figur 8A-F**). Från dessa grafer är det också uppenbart att det finns en tydlig korrelation mellan nivåerna för de olika vitamererna, samt för vitamererna gentemot totaltiamin,



särskilt mellan TPP och totaltiamin (**Figur 8A**).

Figur 8. Jämförelse av tiaminvitamerer och totaltiamin i blod från 265 laxar. **A)** TPP jämfört med totaltiamin, **B)** TMP jämfört med totaltiamin, **C)** fritt tiamin jämfört med totaltiamin, **D)** TPP jämfört med fritt tiamin, **E)** TMP jämfört med fritt tiamin och **F)** TPP vs. TMP.

De två kelthonorna, som hade svultit i ungefär ett år, hade normala hemoglobinvärden (122 och 113 g/L) och blodglukos (5,4 och 5,1 mmol/L), hematokritvärdena var lite låga (42 och 48 %) och tiaminvärdena var medelhöga eller i det lägre intervallet i den ena (Ttot 0,94 nmol/L, TPP 0,7 nmol/L, TMP 0,16 nmol/L, Tfritt 0,08 nmol/L) men i det högre intervallet i den andra (Ttot 1,54 nmol/L, TPP 1,09 nmol/L, TMP 0,27 nmol/L, Tfritt 0,18 nmol/L). Laktat uppmättes till 15 mmol/L hos honan från 2020.

Histologi och cytologi

I SVA-provtagningarna samlades inre organ in från alla 252 laxar, men ett eller två organ missades av misstag hos ett fåtal laxar. Således analyserades lever, hjärta och njure för 251 laxar. Blodutstryk gjordes för all lax, men två utstryk var så tjocka och intensivt färgade att de inte gick att tolka. Mjälte samlades in systematiskt under 2021, 2022 och 2024 (totalt från 147 av 153 laxar som provtogs under dessa år), och från en lax med en parasitcysta i mjälten 2023. Blindtarmar provtogs från alla 80 laxar under 2021. Hudskador provtogs från totalt 36 laxar (7 under 2020, 16 under 2021, 8 under 2022 och 5 under 2024). Dessutom provtogs förändrade romsäckar från tre honor.

Vakuolisering (lagring av fett/glykoprotein) i levern förekom hos 232 laxar, således saknade 19 laxar (inklusive kelthonorna) tecken på näringsinlagring i levern. Mild till måttlig vakuolisering var vanligast (N=167), och maximal vakuolisering noterades i 13 leverar. Sex leverar diagnostiserades med förfettnings och 56 hade tecken på begynnande förfettnings eller ojämn vakuolisering. Pigmentavlagring (som indikerar ett immunsvär), men utan synlig inflammation, noterades i 14 leverar 2021 och i tre leverar 2023. Inflammation noterades i 107 leverar, och den var vanligtvis fokal. Omfattande granulomatös inflammation associerad med parasiter noterades i 14 av dessa 107 leverar, och ytterligare 21 leverar hade relativt omfattande inflammation. Av de senare 21 var fyra granulom utan en uppenbar parasit, en hade kraftig fokal inflammation med associerad vävnadsdöd av leverceller, och en hade en inflammerad gallgång. I övrigt sågs inflammationer främst i form av perivaskulit (inflammation runt blodkärlen). Förutom de 14 leverarna med parasitgranulom sågs parasiter med mild eller ingen inflammatorisk reaktion hos fyra laxar.

Inflammation noterades i 17 (6,8 %) njurar. I sju av dessa njurar observerades mild till måttlig fokal inflammation. Granulom (ett till flera, och i en njure ett granulom som innehöll en parasit) identifierades i fem njurar. Förtjockade glomerulikapslar (en del av nefron/urinfiltreringsenheten) observerades i fyra njurar. I en njure förekom degeneration av tubuli (en del av nefron/urinfiltreringsenheten) och associerad inflammation i ca 1/4 av den undersökta vävnaden, men glomeruli var fortfarande intakta och det fanns inga tecken på regeneration av nefron som svar på skadan. Dessutom observerades vissa sporadiska degenerativa förändringar, med förstörade glomerulikapslar och/eller svullna eller förkrympta glomeruli.

Avseende hjärtan var målet att kontrollera både förmak, kammare och aortabulben (för visuell referens, se

Figur 4). Hos många laxar saknades dock antingen förmak eller bulben eller båda i det slutliga snittet. Kammaren kunde alltid bedömas. Lesioner identifierades i 92 (37 %) hjärtan. Sjuttiotre hjärtan hade områden med inflammation, oftast i hjärtmuskeln (myokardit, N=54), 13 hade inflammatoriska infiltrat i hjärtats yttersta bindvävsskikt (epikardit) och 6 hade förekomst av både myokardit och epikardit. Hos de flesta laxar upptäcktes endast enstaka små inflammationshärdar, men några hade multifokal eller spridd inflammation. I ett av hjärtan med multifokal (och granulomatös) myokardit observerades nematoder (rundmask) i lesionerna. Dessutom noterades endokardit (inflammation i hjärklaffarna) i ett hjärta. Fibrös vävnad/ärrbildning noterades i många hjärtan, vilket tyder på tidigare episoder av myokardit. Hos de två kelthonorna förekom en mild degeneration av hjärtmuskulaturen. Det fanns inga uppenbara förändringar i hjärtmuskeln hos Luleälvsloxarna med makroskopiskt synliga anatomiska defekter.

Förändringar i mjälten var sällsynta. Hemosideros (ackumulering av hemosiderin/järn på grund av nedbrytning av röda blodkroppar) sågs i 35 mjältar. Inflammation noterades i fem mjältar, varav två hade granulom, en hade akut inflammation, en hade tromboflebit (inflammation med proppbildning i ett blodkärl) och en hade perivaskulit. I en mjälte var en cysta snittad, men cystan var tom vilket innebär att orsaken till cystbildningen inte kunde fastställas.

Alla tarmsnitt från 2021 uppvisade en varierande grad av ett parasitär inflammatoriskt svar med mild till massiv infiltration av eosinofila leukocyter i lamina propria, som är det bindvävsskikt som stödjer upp tarmslemhinnan (det innersta skiktet) som kommer i direkt kontakt med parasiterna.

Hudprover samlades in från 24 laxar med hudblödning, fyra med RVS och två med melanisering i det dermala hudlagret i bukväggen, tre med potentiell UDN, två med läkande mekaniska skador som hade perforerat bukväggen och en med ett kroniskt sår, eventuellt orsakat av ett nejonöga.

Proverna från laxar med hudblödning visade vävnadsdöd i överhuden, förtunning av överhuden utan synbar nekros eller blödning i eller runt fjällfickorna. Degeneration av underliggande muskulatur var vanligt förekommande. Skadorna kunde vara allt från akuta (utan någon inflammatorisk reaktion) till subakuta eller kroniska (allvarlig inflammatorisk reaktion i mellan- och/eller underhudsskiktet eller i degenererande muskel). En del hudprover hade fibroblastaktivitet i mellanhuden. Både ytlig (yttre lagret) och djupare nekros observerades i överhuden. Muskelödem eller degeneration eller nekros observerades hos 12 laxar. Erosion av överhuden, inflammation i underhuden och muskeldegeneration/nekros överensstämmer med vad som har beskrivits för RMS (Metselaar et al., 2020). Vissa kriterier för RMS, som reaktiv förtjockning av epitelet sågs dock inte. För sju av laxarna med hudblödningar där huden undersöktes histologiskt genomfördes också MLO-analys och tre var positiva för den MLO-liknande organismen. Vävnadsförändringarna hos dessa tre laxar var subakuta, medan vävnadsförändringarna hos de fyra som var negativa för den MLO-liknande organismen var akuta.

De fyra laxarna med RVS hade omfattande inflammatoriska reaktioner i mellanhuden och/eller underhuden i området runt anus. Hos tre återfanns parasiter som bekräftade diagnosen. Hos de två laxar där melanisering i bukens hudskikt noterades vid provtagning hittades rester av parasiter i anslutning till melaniseringen. Av

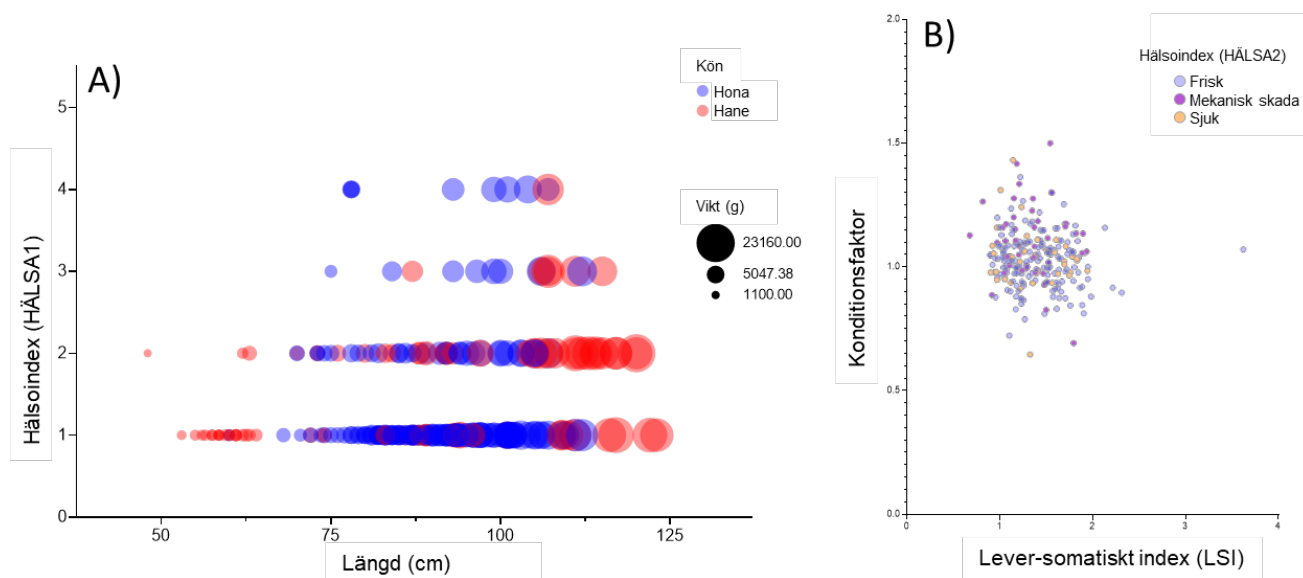
de tre laxarna med UDN-liknande vävnadsdöd på huvudet förekom förändringar som pekade på UDN som diagnos hos en lax. De två laxarna med avläkande skador som penetrerat bukväggen hade en signifikant inflammatorisk reaktion och ärrbildning så att tarmen hade vuxit fast i bukväggen. Laxen med ett gammalt oläkt sår hade kronisk inflammation i mellan huden och lindrig infiltration av vita blodkroppar i underhuds fettet.

Bedömning av blodutstryk gjordes för att uppskatta sammansättningen av de vita (leukocyter) och röda (erytrocyter) blodkropparna. När det gäller vita blodkroppar fanns det en årlig variation i sammansättningen, både inom och mellan provtagningsställena. Grafisk jämförelse av de olika vita blodkropparna (lymfocyter, neutrofiler och monocytter/makrofager) och kvoten av neutrofiler/lymfocyter mot andra blodparametrar eller hälsoindex visade inte på några signifikanta trender. Avseende röda låg fokus på den ungefärliga andelen omogna röda blodkroppar (erytroblastar och proerytrocyter). Förekomst av proerytrocyter (1–10 %) sågs i 41 utstryk. Närvaron av en enda erytroblast noterades i ett utstryk.

RV samlade in hud- och leverprover för histologi från 17 laxar med symtom under 2021–2024. Olika, men vanligtvis lindriga förändringar observerades. Vattenmögel och förtunning av överhuden observerades hos vissa laxar. Ett fåtal laxar uppvisade allvarligare förändringar i huden och i den underliggande muskulaturen. Allvarliga skador observerades vanligtvis hos lax med vattenmögel. Histologiska förändringar som är typiska för RMS observerades inte i de hudprover som analyserades av RV. I de flesta leverprover som analyserades av RV var vakuoliseringen mild till måttlig.

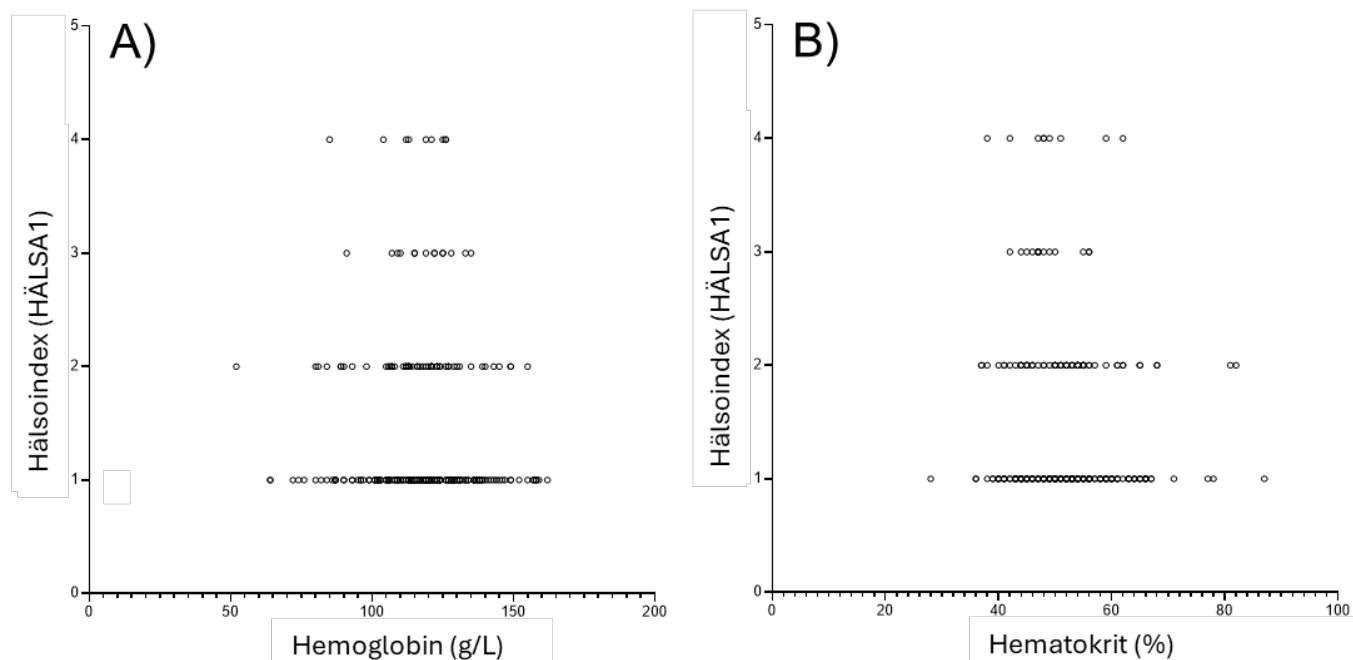
SAMBANDET MELLAN UNDERSÖKTA PARAMETRAR OCH LAXENS HÄLSOTILLSTÅND

En övergripande analys av den population som SVA provtog 2020–2024 gjordes genom att plotta de två hälsoindexen mot olika uppmätta parametrar. Först plottades HÄLSA1 mot längd, vikt och kön (**Figur 9A**). Merparten av de undersökta laxarna (189 (89,6 %) av 211 laxar i Torneälven, eller 228 (90,8 %) av 251 om Luleälven räknas med), var i gott skick med hälsoindex 1–2. Ingen lax hade hälsoindex 5 (svår vattenmögelinfektion). De största och minsta (längd och vikt) laxarna är hanar, men det fanns ingen uppenbar skillnad i hälsa beroende på kön eller storlek på laxen. För att undersöka om konditionen påverkas hos lax som klassificerats som "sjuk" jämfört med frisk lax eller lax med mekaniska skador, undersöktes konditionsfaktor och lever-somatiskt index mot HÄLSA2 (**Figur 9B**). Eftersom friska laxar (ljusblå) samlades i samma område av diagrammet som sjuka laxar (orange) och de med mekaniska skador (lila), finns det ingen uppenbar effekt av sjukdom på kondition i den provtagna populationen.



Figur 9. A) Visuellt multivariat analys av HÄLSA1 i relation till längd, vikt och kön. **b)** Visuellt multivariat analys av konditionsfaktor och lever-somatiskt index i relation till HÄLSA2.

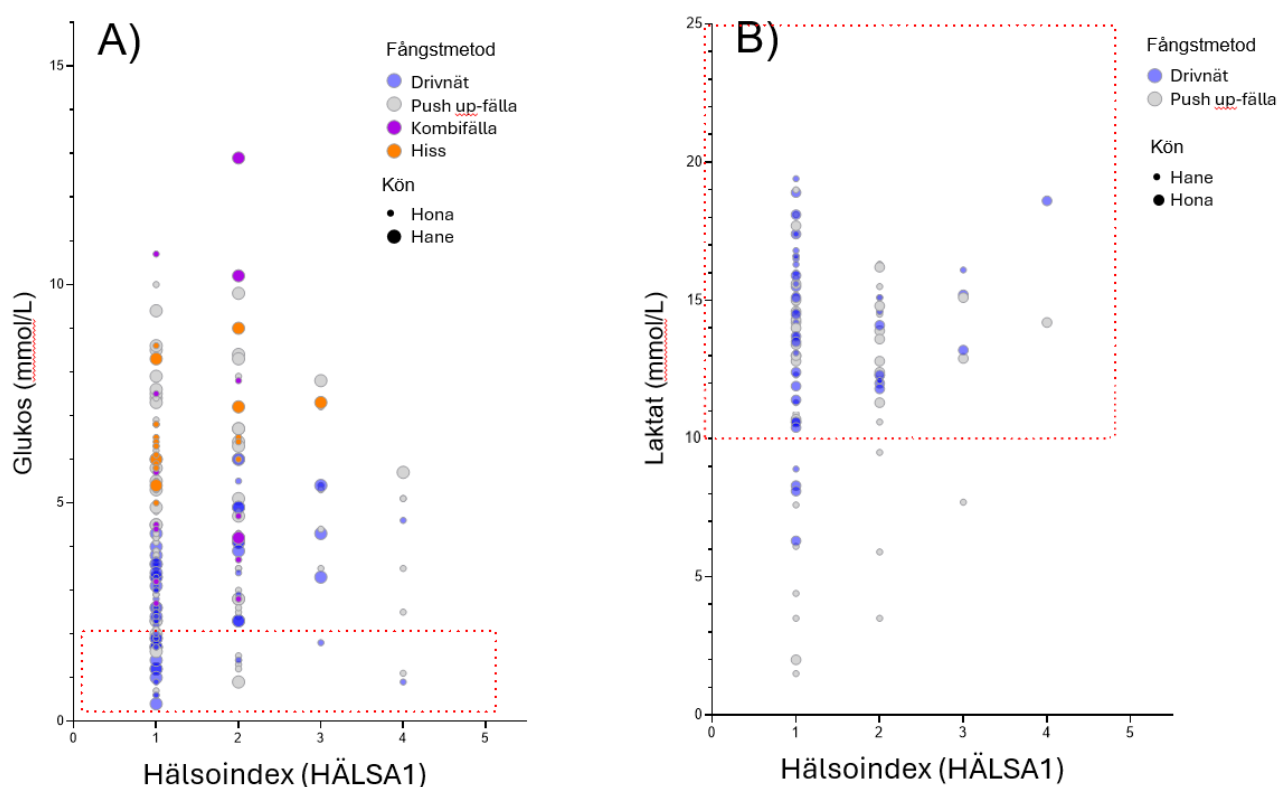
När hemoglobin- och hematokritnivåerna sattes i relation till HÄLSA1 fanns inga specifika samband (**Figur 10 A & B**), och både de högsta och de lägsta (anemiska) hematokritnivåerna hittades hos till synes frisk lax.



Figur 10. HÄLSA1 i förhållande till **A)** mängden hemoglobin (g/L) och **B)** hematokrit (%).

När det gäller hemoglobin och hematokrit hittades inget specifikt samband mellan HÄLSA1 kategorier och

blodsocker- eller laktatnivåer när man kartlade data i diagram, men de högsta glukosnivåerna och de lägsta laktatnivåerna hittades hos friska eller lindrigt drabbade laxar (HÄLSA1 kategori 1 och 2). Som framgår av laboratorieresultaten skilde sig glukos- och laktatnivåerna signifikant mellan laxar som fångades vid Seskarö gentemot laxar fångade vid Risudden, och glukosvärdena skilde sig åt mellan hanar och honor. För att separera de potentiella effekterna av fångstmetod och påverkan av kön eller hälsa på glukos/laktatnivåerna, gjordes multivariabla grafer som inkluderar dessa parametrar. **Figur 11A** visualiserar skillnaderna i glukosnivåer beroende på om fisken fångats med drivnät eller i fälla och **Figur 11B** visar motsvarande graf för laktatnivåer. Könsskillnaden avseende glukos kan möjligen ses när man tittar på HÄLSA1 kategorierna 3 och 4 i **Figur 11A**. Dessutom verkar glukos minska med ökande hälsoindex och laktat verkar öka med ökande hälsoindex.

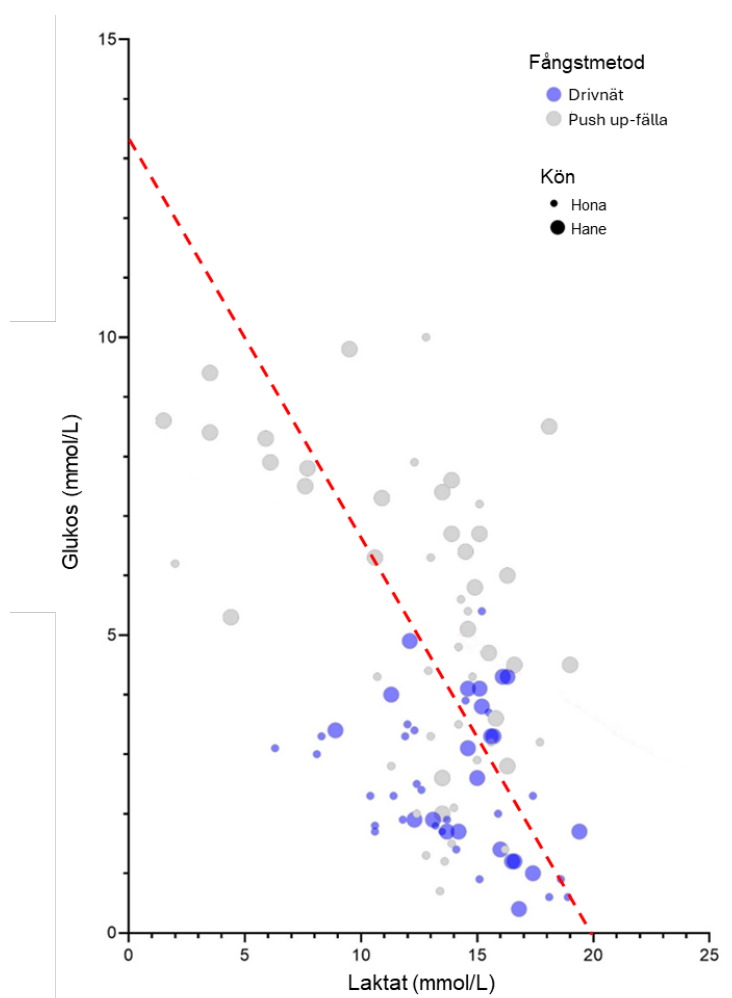


Figur 11. Visuellt multivariat analys av **A)** glukos och **B)** laktatnivåer i relation till HÄLSA1, fångstmetod (cirkelfärg) och kön (storlek på cirkel). Observera att cirkelstorleken för kön är motsatta i **A)** och **B)**. Röda streckade rutor indikerar hypoglykemi (låga glukosnivåer) och förhöjda laktatnivåer i respektive graf.

Resultaten för glukos respektive laktat med avseende på infångningsmetod indikerade ett omvänt samband mellan variablerna, dvs att när glukos är högt är laktat lågt och vice versa. Detta kan anses vara normalt eftersom laktat bildas om glukos metaboliseras anaeroft. Glukos- och laktatvärden plottades därför mot varandra för att bekräfta sambandet (**Figur 12**). Statistiskt visade en enkel (univariat) regression av laktat gentemot glukos ett signifikant negativt samband - när laktat ökar med en enhet (1 mmol/L) minskar glukos med 0,67 mmol/L (N=100 prover, $p < 0,001$, 99 frihetsgrader, $R^2 = 0,16$).

Det fanns dock flera individer som hade glukosvärden (> 7 mmol/L) samtidigt som de hade förhöjda

laktatvärden (>10 mmol/L) (**Figur 12**), och modellen förklarade endast ca 16 % av variansen (R^2) i datan, vilket indikerar att andra faktorer också påverkar laktatvärdena. Därför testades multivariat modellering med linjär regression, efter att först ha testat parametrarna /variablerna i univariata regressionsmodeller för att bekräfta ett samband. Analys av modellen visade att variansen skiljde sig för laktatestimaten beroende på motsvarande glukosvärde, och likvärdig varians (homoskedasticitet) måste föreligga för att en linjär regressionsmodell ska vara giltig. För att lösa problemet kan en variabel transformeras/omvandlas. Omvandling till kvadraten av laktat (laktat $\times$ laktat) tog bort heteroskedasticiteten. Således gjordes modellering med hjälp av "laktat²". Utöver glukos undersöktes år, provtagningsplats (fångstmetod), konditionsfaktor, HÅLSA1, HÅLSA2, hematokrit, hemoglobin, de tre tiaminvitamererna samt totalprotein också i univariat regression för att bedöma om variablerna skulle inkluderas i multivariat modellering, och $p < 0.2$ användes som signifikansnivå. För HÅLSA1 slogs kategorierna 3 och 4 ihop för analysen. Endast glukos, hemoglobin, hematokrit och år var tillräckligt var tillräckligt signifikanta för vidare modellering.

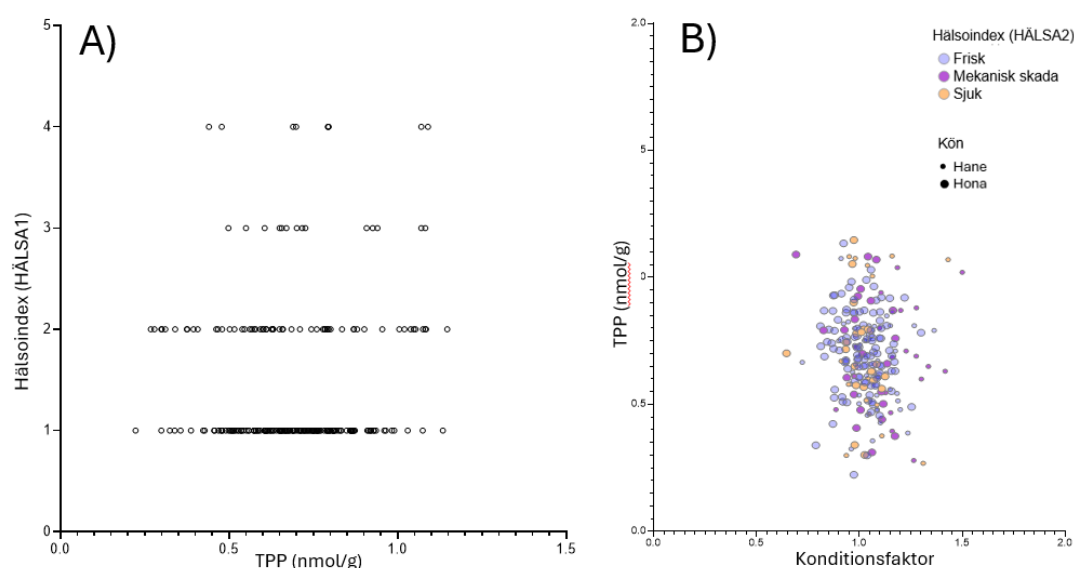


Hematokrit var inte signifikant i kombination med glukos och hemoglobin och variabeln uteslöts från vidare modellering.

Figur 12. Visualisering av sambandet mellan glukos- och laktatnivåer hos de 100 laxarna i Torneälven där båda parametrarna mättes. Fångstmetoden anges med grå/blå färg och kön efter storleken på punkten. Den streckade linjen indikerar det univariata regressionsresultatet, som indikerade att när laktat ökar med 1 mmol/L, minskar glukos med 0,67 mmol/L.

När år lades till i modellen förklarades cirka 36,5 % av variationen i modellen. Men tillägget av år återintroducerade också en ojämn varians. Andra omvandlingar av laktat testades (kvadratroten, naturlig logaritm (ln), vanlig logaritm (log10) och laktat³. Laktat³ var den enda omvandlade variabeln med samma varians för olika glukosvärden, och en modell innehållande glukos, hemoglobin och år kunde skapas utan att bryta mot kriteriet om homoskedasticitet. Hemoglobin hade ett positivt samband med laktat (högre hemoglobin-värden är förknippade med högre laktatvärden) och år hade ett negativt samband med laktat (lägre laktatvärden 2024). Ingen signifikant interaktion mellan variablerna förekom. Denna modell förklarade 34,9 % av variansen och var starkt signifikant ($p < 0,001$ förna 100 prover och 99 frihetsgrader). Modellen förklarade alltså en högre grad av variationen i laktatnivåer enbart vid jämförelse med glukos. De så kallade residualerna i modellen var dock ojämnt fördelade, vilket tyder på att det fortfarande fanns problem med modellen. Ytterligare försök att anpassa i modellen gjordes inte.

När det gäller tiaminstatus fanns det inget synligt samband mellan vare sig allmänt hälsotillstånd/index, konditionsfaktor, kön eller om mekaniska skador eller andra lesioner (sjukdom) förekom. Jämförelser för och TPP-nivå kan ses i **Figur 13A** och **Figur 13B**.



Figur 13. A) HÄLSA1 kontra TPP-nivå i blodet och **B)** Konditionsfaktor kontra TPP-nivå i blodet, HÄLSA2 och kön.

Diskussion

Under fem år i rad (2020–2024) har vi samlat in data för att uppskatta hälsostatusen hos återvändande Torneälvslox. Kombinationen av en generell provtagning, där många laxar provtas oberoende av synliga skador eller inte, och riktad provtagning i samband med att lax med skador identifieras, gör att vi kan få en bättre överblick över hälsan hos Torneälvsloxen än genom att använda enbart en av dessa provtagningsstrategier. Dessutom kan rapporteringssidan <https://rapporterafisk.sva.se> utgöra ett komplement som både möjliggör riktad provtagning och en bättre överblick av det totala antalet sjuka laxar per år.

Användningen av rapporteringssidan för bedömning av sjukdomsläget förutsätter dock ändamålsenlig rapportering, det vill säga att människor har kunskap om rapporteringsplatsen samt att de vill och kan rapportera.

Skador noterades hos nästan hälften av laxarna i de generella provtagningarna utöver att skador naturligtvis observerades hos laxen som provtogs på grund av symtom. De vanligaste skadorna i de generella provtagningarna var hudblödningar och mekaniska skador, vilket stämmer med tidigare rapporter om Torneälvslox (Axén & Koski 2017; SVA, GU & SLU, 2019). I de riktade provtagningarna var de vanligaste skadorna hudblödningar och vattenmögel, medan mekaniska skador var sällsynta.

Hudblödning förekommer vid flera infektionssjukdomar, men inget specifikt sjukdomsagens identifierades, förutom hos en laxhona med RSD, som visade sig vara positiv för PRV. Detta virus beskrevs första gången 2010 hos odlad lax med hjärt- och skelettmuskelinflammation (HSMI) (Palacios et al. 2010). Sedan dess har PRV identifierats hos både vilda och odlade laxfiskar runt om i världen (Sørensen et al. 2020), men inga symtom på HSMI observerades i våra undersökningar. PRV isoleras ofta från asymtomatiska laxfiskar, både odlade och vilda (Wessel et al., 2015; Sørensen et al. 2020). HSMI bryter ut hos PRV-infekterad lax under rätt omständigheter och dess förekomst och eventuella effekter på vild Östersjölox bör övervakas kontinuerligt. Lyckligtvis upptäcktes inga allvarliga utbrott av virus- eller bakteriesjukdomar hos Torneälvsloxen i denna studie, eftersom flera sjukdomsagens uteslöts genom negativa analyser (**Tabell 5**). Anledningen till att virusanalyser inte utfördes systematiskt i de generella provtagningarna var att inga virus hade indikerats förekomma under säsongen 2016, då provtagningarna inleddes, och att alla vilda lax- och havsöringshonor som tas in i kompensationsanläggningarna provtas årligen. Hittills har endast IPN-virus identifierats, och bara hos 2 av totalt 25 510 kompensationsodlingshonor under perioden 2007–2024, vilket indikerar extremt låg virusförekomst i lax- och havsöringspopulationerna. Anledningen till att virologiska provtagningar faktiskt genomfördes under 2021 och 2022 var ett utbrott av IHN hos odlad regnbåge på Åland, vilket innebär att laxen potentiellt skulle passera genom den infekterade zonen på sin väg norrut från södra Östersjön. Viruset hade dock inte plockats upp av laxen i denna studie, och det har inte heller hittats hos några avelshonor av avelsbestånd som provtagits sedan utbrottet.

Syndromet RSD liknar till utseendet RMS hos regnbågsöring, men placeringen av hudförändringar skiljer sig åt (buken kontra runt sidolinjen). En rickettsieliknande bakterie som kallas *Midichloria-like* organism (MLO) har associerats med RMS (Metselaar et al. 2020). I denna studie tog vi därför systematiskt prover på hud från lax med hudblödning på buken/RSD och analyserade dem för förekomst av MLO. MLO upptäcktes inte men flera prover uppvisade ospecifik amplifierade, vilket indikerade förekomst av annat genetiskt material än MLO, och smältkurvorna indikerade att det fanns en specifik DNA-sekvens närvarande. Det är alltså möjligt att det finns en organism som är besläktad med MLO hos laxen som drabbas av RSD. Huruvida denna organism är orsaken till hudblödningarna är inte klarlagt. Rickettsier och rickettsieliknande bakterier är svåra att odla och därför är det extremt svårt att isolera levande bakterier. Detta innebär utmaningar, eftersom det blir svårt att genomföra experimentella försök för att bevisa dess infektiösa potential, och bristen på levande organismer som kan förökas innebär också att det är mycket svårare att kartlägga hela arvsmassan

för fullständig identifiering. Att uppfylla Kochs postulat för infektionssjukdomar är därför svårt. Fler studier behövs för att bättre förstå vilken roll denna "MLO-liknande organism" spelar för vilda laxpopulationers hälsa. Förutom den molekylärgenetiska analysen undersöktes ett antal hudprover från RSD/hudblödningar histologiskt. Vissa prover visade likheter med RMS, men inga prover uppfyller alla histologiska kriterier, vilket ger ytterligare bevis för att RMS/MLO inte är orsaken men ger ytterligare indikationer för att en "MLO-liknande organism" kan vara närvarande.

Bakterien *I. limnosediminis* isolerades från flera laxar, särskilt hos lax med saprolegnios. *Iodobacter limnosediminis* anses vara relativt apatogen för fisk men kan orsaka skador hos öring (Korkea-aho et al. 2021) och har ofta isolerats från laxfiskar med saprolegnios (Korkea-aho et al. 2021; Carbajal-González et al. 2011). Bakteriens eventuella roll vid saminfektion med *Saprolegnia* sp. är dock fortfarande okänd.

När det gäller vattenmögel har kraftigt infekterad lax observerats i Torneälven under de senaste åren (Axén & Koski 2017, Härkönen et al. 2024). Vattenmögel drabbar vanligtvis individer som har hudskador, är stressade eller har nedsatt immunförsvar (van den Berg et al. 2013), och massiv infektion leder till att fisken läcker in vatten via huden och död på grund osmotisk obalans som leder till bland annat att de röda blodkropparna sprängs (hemolys) och syrebrist uppstår i kroppen. Den övergripande effekten av saprolegniosis på laxpopulationerna är fortfarande inte helt klar, för även om färre laxar överlever till lek är det inte säkert att den totala mängden avkomma i nästa generation påverkas (på grund av mindre konkurrens mellan de yngel som kläcks). I den här studien ökade vi kunskapsbasen om vattenmögelarter och deras förekomst hos laxfiskar i Torneälven. *Saprolegnia parasitica* anses vara den mest patogena arten av vattenmögel och orsakar hög dödlighet hos både odlade och vilda laxfiskar (van den Berg et al., 2013). Få laxar som fångades i juni och juli hade tecken på vattenmögelinfektion, och dessa hade endast lokal mild infektion med undantag för en havsöring med massiva UDN-liknande skador. Både *S. parasitica*, *S. diclina* och *Saprolegnia* av oidentifierade arter, samt vissa svampar som finns i vattenmiljön men som inte är kända för att vara skadliga för lax isolerades från dessa påväxter av vattenmögel. Å andra sidan var all lax som fångades på senhösten vanligtvis kraftigt infekterad med vattenmögel som visade sig vara *S. parasitica*. Utifrån dessa resultat kan man dra slutsatsen att *S. parasitica* finns i Torneälven och orsakar omfattande och allvarliga infektioner hos laxfiskar, särskilt under hösten. Vid denna tidpunkt är laxen mer mottaglig för sjukdomar på grund av de fysiologiska processer som är relaterade till lek, där deras metaboliska resurser investeras i avkomman och immunförsvaret undertrycks. Eftersom mekaniska skador endast påträffades hos 6 % av laxen vid de riktade provtagningarna samtidigt som vattenmögel upptäcktes hos 58 % av samma subpopulation, är detta en indikation på att mekaniska skador inte nödvändigtvis är en stor riskfaktor för vattenmögelinfektion jämfört med till exempel hudblödningar och stress/fysiologiska förändringar. Förekomsten av vattenmögel skiljde också hos lax i de riktade provtagningarna beroende på vilket år de provtogs. *Saprolegnia* förekom hos de flesta laxarna under åren 2020 och 2021 och detta kan eventuellt relateras till ett högre antal återvändande laxar (högre infektionstryck) under dessa år jämfört med de tre följande åren. Den mest sannolika förklaringen är dock att 2020 och 2021 var de enda åren då lax med symtom provtogs på senhösten, då vattenmögelinfektioner är vanligast förekommande.

De flesta laxarna i Torneälven var infekterade med bandmasken *Eubothrium* sp., sannolikt *Eubothrium crassus*. *Eubothrium* sp. är vanligt förekommande hos Östersjölax och är ett resultat av att de äter pelagisk fisk som är mellanvärdar för parasitsläktet. Hos laxfiskar, som är slutvärdar (där masken blir vuxen), finns *Eubothrium* sp. i tarmen, där den livnär sig på näringsämnen i fiskens tarminnehåll. Massiva infektioner kan orsaka näringsbrist, men det fanns inget uppenbart samband mellan parasitbörda och konditionsfaktor hos den lax som provtogs. Bandmaskarna förankrar sig i tarmslemhinnan (insidan av tarmen), vilket kan orsaka skador. Utifrån histopatologin var det uppenbart att detta resulterar i en lokal immunreaktion, ibland massiv. Förutom bandmask hittades enstaka nematodlarver identifierade som *Contracaecum osculatum* i ett fåtal leverar. Denna nematod har säl som slutvärd och är vanligt förekommande i Östersjötorsars leverar, vilka kan vara kraftigt infekterade (>100 maskar/lever). En studie identifierade *C. osculatum* hos 46 % av de undersökta Östersjölaxarna, vilket är mycket högre än vad vi visat i Torneälvsaxen. Förekomsten i laxleverarna var dock alltid låg (1–4 maskar/lever) och med tecken på immunreaktioner som dödat parasiterna (Setyawan et al., 2019). Även om parasiten är ovanlig hos lax är det värt att betona att *C. osculatum* kan orsaka sjukdom (allergisk reaktion eller smärta på grund av levande parasiter som försöker gräva sig igenom magkammaren) hos människor om rå fisk konsumeras (EFSA, 2011). Däremot är fisk med bandmask i tarmen säker att äta, eftersom dessa maskar redan är i sin slutvärd. Om bandmaskar påträffas i bukhålan (utan att tarmarna har skadats när fisken öppnats), i muskler eller i cystor på tarmen eller andra inre organ, bör man dock vara försiktig eftersom dessa kommer att vara larver i sin mellanvärd. Särskild försiktighet bör iaktas när bandmaskar påträffas i muskelfvävnaden, eftersom dessa kan vara människans bandmask *Dibothriocephalus latus*, dvs. en parasit vi är slutvärd för. För att undvika zoonotisk överföring bör all fisk som ska konsumeras rå, gravad eller kallrökt alltid frysas minst 48 timmar före tillagning för att döda eventuella parasitlarver.

Under dessa fem år har ett syfte med den generella provtagningen varit att om möjligt identifiera lämpliga parametrar för att möjliggöra övervakning av laxens hälsa utan behöva avliva fisken. För detta måste många laxar provtas för att skapa en baslinje för alla parametrar. Laxarna som används för att skapa baslinjen ska helst vara vid perfekt hälsa, men det är inte möjligt eftersom all vild lax på något sätt utsätts för immunologiska utmaningar som parasiter. Det är också osannolikt att det räcker med en eller två enskilda parametrar för att skatta hälsotillståndet, men om man tittar på flera parametrar samtidigt ökar möjligheten att bedöma hälsotillståndet markant. Därför har vi utvärderat en panel av olika parametrar som kan samlas in utan att döda fisken, inklusive externt synliga skador (synlig hälsostatus). I allmänhet var laxen i god kondition och ansågs vara vid god hälsa, även om mekaniska skador eller hudblödningar var vanligt förekommande. De flesta blödningarna var akuta, vilket innebär att de kan ha orsakats av hantering under fångsten. För att effektivt fånga tillräckligt många laxar för större provtagningsinsatser är det omöjligt att använda spöfiske, och därför måste vi leva med att hudblödningar kan uppkomma och fortsätta att notera utseende och stadium på alla blödningar och om de potentiellt uppkommit till följd av fångsten för jämförelse med andra parametrar. Dessutom var många av de mekaniska lesionerna som registrerades ärr eller läkande skador, några av dem med uppenbar penetration av eller till och med bortslitning av en del av bukväggen, vilket innebär att de inre organen har exponerats för omgivningen. Det är alltså uppenbart att lax har en

fantastisk läkande förmåga om deras närings- och immunstatus är god.

Att poängsätta synliga förändringar på olika sätt baserat på hur påverkad laxen såg ut eller dela upp den i mekaniska eller icke-mekaniska lesioner var ett sätt att kategorisera förändringarna för enklare utvärdering och jämförelse med andra insamlade parametrar. Även om inga specifika samband mellan något av hälsoindexen och de olika uppmätta parametrarna identifierades är det ändå ett bra sätt att visuellt utvärdera fiskens hälsostatus vid fångst. Man måste komma ihåg att fiskar med synligt HÅLSA1-värde 1 eller 2 (dvs. synligt friska eller lindrigt påverkade) kan befinna sig i tidiga sjukdomsstadier, och att vissa andra mätta parametrar redan kan ha höjts eller sänkts. Detta maskerar då effekten av sjukdom på dessa parametrar eftersom både synbart frisk och sjuk fisk får förändrade värden. Ännu viktigare är dock att eftersom de flesta fiskarna var i dessa två kategorier, genererades få utvärderingspoäng för HÅLSA1 poäng 3 och särskilt poäng 4, och dessutom ingen för poäng 5, vilket gör det svårare att dra slutsatser om något samband mellan uppmätta parametrar och avancerad sjukdom. Fortsatt jämförelse av en rad parametrar mot varandra kan ge bevis för att vissa parametrar är starkt korrelerade med sjukdom, och för att få mer data är det viktigt att kunna mäta dessa parametrar även när man riktar in provtagningen på sjuka fiskar, där mer avancerade sjukdomsstadier sannolikt förekommer.

De två honorna som var i dåligt skick vid visuell undersökning (låg kroppskondition, tidig saprolegnios) bedömdes som utmärglade på grund av brist på fettdepåer i buken, i kombination med histologiska bevis på avsaknad av näringslagring i levern och tecken på muskeldegeneration i hjärtat. Det senare beror på att aminosyror från muskelproteiner används för att skapa energi när fett- och glukosdepåer har tömts. Blodvärdena hos dessa honor var dock relativt normala. Utmärgling i detta sena keltstadium får ses som normalt, och laxens muskulatur, kondition och näringsdepåer återhämtar sig när den börjar äta igen. Det är dock oklart vad som hade hänt med just dessa honor om de inte hade fångats in, eftersom båda hade saprolegnios i ett tidigt skede.

Att utvärdera blodparametrarna är utmanande, dels för att det inte finns några mätinstrument för hemoglobin, glukos och laktat i fiskblod på den svenska marknaden. Det finns alltså inga specificerade normala "fiskintervall" satta för de instrument vi använder, och det finns alltid en viss variation i normalvärden mellan instrument av olika märken. Utöver detta har de referensintervall som identifierats fastställts för odlad fisk som har en något annorlunda biologi (avlod för att växa snabbt), utfodras i stor skala (alltså inte i ett katabolt tillstånd som återvändande lax), inte är utsatt för kraftig "motion" (såsom särskilt laxen uppströms som fångas omedelbart efter att ha tagit sig upp för den långa Vuentoforsen), och som potentiellt utsätts för mindre stress under fångsten (bara håvas på odlingen). Av dessa skäl, och för att tillåta viss provtagningsstress och mätfel, tilläts intervallet för normala hemoglobin-, glukos- och laktatnivåer att vara lite större än de som publicerats. Referensvärdena för hemoglobin i Rozas-Serri et al. (2022) ligger långt över vad som normalt används som referensvärden hos djur och människor (t.ex. 117–153 g/L är normalt hos kvinnor ([Karolinska Universitetssjukhuset](#))). Alla medianvärden för hemoglobin (presmolt, smolt, postsmolt och vuxna individer av Atlantlax och coho-lax) i Rozas-Serri et al. (2022) är extremt höga (384–641 g/L), vilket indikerar ett mätfel eller felaktig skalomvandling om mätning gjorts i andra enheter än g/L. Hematokrit utvärderas visuellt

mot en skala efter att prover centrifugerats i specifika hematokrit-mikrorör, och därmed finns det inget instrumentellt referensvärde att hålla sig till. Mätfel kan naturligtvis förekomma, och precis som med de andra blodvärdena tilläts en viss extra bredd för att justera för framför allt stresshöjning av hematokrit. När det gäller blodutstryk påverkar tjockleken på utstryket och intensiteten på färgningen läsbarheten.

Hyperglykemi (höga blodglukosnivåer) kan bero på att man nyss ätit (särskilt hos diabetiker), stress eller på grund av kronisk sjukdom (förhöjd ämnesomsättning). Hypoglykemi (lågt blodsocker) kan uppstå vid svält eller kraftig, långvarig ansträngning. Vi identifierade tre laxar med hyperglykemi och 31 laxar med hypoglykemi. Alla utom två (som var hypoglykemiska) var vid till synes god hälsa (HÄLSA1 poäng 1 eller 2) och därför bedöms värdena vara orsakade av stress eller massiv träning. Laktatnivåerna i blodet är låga under aerob metabolism men ökar under anaerob metabolism eftersom slutprodukten när glukos bryts ner anaerobt är laktat. Normalt kommer kroppen att rensa laktat från systemet, men om produktionen av laktat går snabbare än kroppen kan göra sig av med det kommer laktacidosis (mjölksyraförgiftning) att uppstå. Acidosis (surt blod) är en vanlig komplikation till septisk chock (chock till följd av blodförgiftning) eller andra processer som orsakar sänkt blodgenomströmning (minskad syresättning) till vävnader (Agedal et al., 2023), vilket tvingar kroppen till anaerob metabolism och utan möjligheter till eliminering av laktat, och ökar halten av koldioxid, som också är surt, i blodet. Laktacidosis kan också orsakas av tiaminbrist, eftersom tiamin är nödvändigt för aerob metabolism (Agedal et al., 2023). Hos människa anses laktacidosis förekomma vid laktatnivåer över 4 mmol/L ([Acute Lactic Acidosis: Overview, Treatment Overview, Prehospital Care](#)) och laktatnivåer på >8 mmol/L har associerats med signifikant lägre överlevnad hos kritiskt sjuka patienter (Bernhard et al., 2020). Således ligger gränsen för laktacidosis förekomma hos människor inom det angivna normalintervallet på 2,0–5,7 mmol/L för Atlantlax (Rozas-Serri et al., 2022). Det kan antingen betyda att lax har en högre laktattolerans än människor, eller att provtagning aldrig kan göras på lax utan att det orsakar förhöjda laktatnivåer, eller en kombination av dessa två möjligheter. Oavsett låg 86 % av de uppmätta laktatnivåerna i denna studie över den nivå på 10 mmol/L som sattes för laktacidosis i denna studie. Hos lax arbetar det mesta av muskelmassan anaerobt, och endast en tunn strimma muskulatur längs sidolinjen arbetar aerobt. De aeroba musklerna arbetar under långsam, kontrollerad simning, men när en kort kraftexplosion behövs måste den vita muskeln arbeta. Således, för att bekämpa forsar måste den anaeroba muskulaturen användas. Anaerob metabolism används också under kamp mot fiskare (i vårt fall för att försöka komma ur näten och när fällorna töms), och syrebrist från kvävning i näten eller i luften efter tömning av fällorna ökar också laktatnivåerna. Eftersom drivgarnen ligger i vattnet i cirka 30 minuter kan kampen bli långvarig, vilket sannolikt påverkar laktatnivåerna. Således bedömer vi att förhållandet mellan glukos/laktat och provtagningsplats/fångstmetod är relevant. Det kan dock också finnas ett samband med att det naturligt är olika ansträngningsnivåer på de två provtagningsplatserna, eftersom fångsten vid Risudden inträffar omedelbart efter att laxen tagit sig upp för den långa Vuentoforsen. Provtagningsår var signifikant associerat med laktatnivå, vilket kan tyckas märkligt. År fungerar dock sannolikt som en proxy för en annan, omätt parameter som vattenflöde (motstånd vid simning) eller vattentemperatur, två parametrar som kommer att påverka ämnesomsättningen. Dessutom varierade laktathalterna vid Seskarö mycket i provtagningarna i juli 2020 jämfört med andra provtagningar, vilket gjorde bedömningen svårare. Sambandet mellan en ökning av

hemoglobinkoncentrationen samtidigt med en laktatökning kan orsakas av en hemokoncentration vid ökad ansträngning. Hemokoncentration kan orsakas av vätskeförlust eller rekrytering av röda blodkroppar från depåer (mjälte, njure) i kroppen. Inget samband med någon av tiaminvitamererna hittades, och därför förväntar vi oss inte att tiaminbrist skulle vara inblandad i utvecklingen av de laktatnivåer som mätts här, utan att nivåerna huvudsakligen var förhöjda på grund av massiv ansträngning och stress. Även om lax skulle vara bättre än människor på att göra sig av med laktat (vilket är okänt för oss) är det osäkert om de uppmätta halterna här skulle möjliggöra överlevnad om provtagning gjordes på levande fisk som återsattes. Att mäta laktatnivåer på nätfångad lax med möjlighet att följa upp överlevnad genom märkning skulle vara nödvändigt för att utvärdera chansen till överlevnad innan rekommendation om levande blodprovstagning och återutsättning. Även laktatmätning hos spöfångad lax skulle vara intressant som jämförelse, eftersom catch and release är ett vanligt sätt att fiska lax.

Vita blodkroppar, särskilt neutrofiler, rekryteras till blodomloppet vid stress men rekryteras också vid inflammation på grund av mekaniska skador eller infektion. Här tittade vi bara på vita blodkropparnas totala sammansättning, och inte i förhållande till de röda blodkropparna, och vi tog inte hänsyn till trombocytfractionen. Detta gjordes eftersom vi främst var intresserade av förhållandet mellan olika vita blodkroppar en proxy för stress, sjukdomsstadium och typ av förändring. Vi kunde inte hitta några signifikanta samband mellan olika blodkroppsfractioner och sjukdom, vilket kan tyda på att ingen lax befann sig i ett allvarligt eller långt gånget sjukdomstillstånd. Detta stämmer också relativt väl med den visuella bedömningen av fiskarna. Ett fåtal laxar var visserligen drabbade av saprolegniosis, men i ett tidigt skede. Vid saprolegniosis i sent stadium påverkas blodparametrarna både på grund av inflammation och blodutspädning när laxen inte kan upprätthålla den osmotiska balansen (Weichert et al., 2021). Röda blodkroppar utvärderades med avseende på missbildningar och mängden omogna röda blodkroppar. Omogna röda blodkroppar i sent stadium finns normalt i viss utsträckning i blodet, men höga nivåer av omogna röda blodkroppar och till och med blaster (stamceller) tyder på att erytropoiesen (produktionen av nya röda blodkroppar) är ökad. Detta kan inträffa på grund av kraftig blodförlust (skador eller sjukdomar som stör röda blodkroppar) eller hormonell obalans. En ökad erytropoies av okänt ursprung, men som tros vara relaterad till förhöjda nivåer av tyreoidhormoner, sågs i våra undersökningar under 2018 (SVA, GU & SLU, 2019). Under 2020–2024 sågs inga tecken på ökad erytropoies, vilket tyder på att orsaken till störningen 2018 inte längre är närvarande i fiskens miljö. Sammantaget är övervakning av olika blodparametrar, både med avseende på kemi, cellsammansättning och morfologi, användbart för att tolka hälsostatus, med hänsyn till att andra parametrar som fångstmetod, ansträngningsnivå och vattentemperatur kan påverka mätningarna.

Tiamin mättes eftersom tiaminbrist hos lax leder till allvarlig sjukdom och död, särskilt när inget eller lite tiamin överförs från honan till avkomman (Vuorinen et al. 2021; Koski et al., 2001). I naturen produceras tiamin (vitamin B1) huvudsakligen av växtplankton och anrikas uppåt i näringskedjan. Tiamin lagras dåligt i kroppen och måste därför kontinuerligt tillföras via maten. Detta innebär att under svält, som under lekperioden, kommer tiaminnivåerna successivt att sjunka. Tiamin finns i fyra olika former eller vitamerer (fritt tiamin, TMP, TPP och tiamintrifosfat (TTP)) i naturen. I lax förekommer i princip inte TTP, utan fritt

tiamin, TMP och TPP utgör tillsammans den totala tiaminnivån i blod, lever etc. Fritt tiamin absorberas från tarmen och fosforileras till TMP och TPP. TPP är den vanligaste vitameren, och den biologiskt aktiva formen, som t.ex. fungerar som ett koenzym under citronsyracykeln (en del av glukosmetabolismen). I blodet finns cirka 90 % av allt tiamin i de röda blodkropparna. Det finns inga riktiga referensvärden för tiaminhalter i blod hos lax och därför är det svårt att veta vad som skulle anses vara en bristnivå. Därmed är det av extra vikt att ta dessa prover för att skapa en baslinje hos lax.

Intressant nog var totaltiaminnivåerna likartade i SVA:s och RV:s prover, men vitamerfraktionerna skilde sig signifikant, eftersom TMP-nivåerna var ungefär samma som TPP-nivåerna i RV:s prover, medan SVA:s prover hade en övervikt av TPP i enlighet med vad som kan förvänta. En definitiv förklaring till detta har inte identifierats. Alla tiaminanalyser utfördes i samma laboratorium, och därför borde skillnaden inte ha uppstått i detta skede. Kanske fanns det skillnader i provtagning och lagring av proverna. Till exempel använde RV serumrör för att lagra sina prover medan SVA använde rör utan koagulationstillsatser. Men varför TMP skulle öka och TPP minska på grund av användning av serumrör kan inte förklaras. Det vore rimligare att tro att en annan hantering skulle påverka den totala tiaminkoncentrationen. Tiamin sägs vara instabilt, och prover bör extraheras omedelbart efter döden. Under 2020, när SVA försökte hålla all lax vid liv fram till provtagning enbart för tiaminprovtagningens skull, dog all lax under transporten till land från fällorna på grund av hårt väder (stress). Den sista av de 20 laxarna hade varit död i 9–10 timmar innan provtagning kunde genomföras. Tiaminnivåerna plottades därför mot lax-id för att kontrollera effekter efter döden, men ingen avtagande trend över tid kunde ses. Tiaminnivåerna i blod verkar alltså vara stabila, åtminstone så länge blodet fryses ner omedelbart efter att provet tagits.

Slutligen visade de histopatologiska analyserna inte på några allvarliga sjukdomar. Att vissa laxar inte hade någon näringsinlagring i levern är dock lite oroande, särskilt eftersom de hade en lång period av svält framför sig om de inte hade fångats. Däremot hade flera lever ett överskott av näringslagring och klassificerades med begynnande eller utvecklad fettdegeneration. Fettlever är ett vanligt fynd hos torsk, och de verkar klara sig bra. Det är oklart om detta även gäller för lax, eller om levern skadas. Den vanliga förekomsten av hjärtmuskelinflammation och ärrbildning indikerar kontinuerlig exponering för irriterande ämnen eller patogener, men också en god förmåga att läka dessa skador. Den avvikande anatomin hos vissa Luleälvsloxars hjärtan liknar till viss del Fallots tetralogi, en medfödd hjärtsjukdom hos människor där en av fyra defekter är att aortan är förskjuten åt höger som hos dessa laxar. Eftersom lax har ett hjärta med två kammare (ett förmak, en kammare) och inte fyra (två förmak, två kammare) som människor, kan den andra defekten vid Fallots tetralogi, ett hål mellan höger och vänster kammare, inte uppstå. Den tredje defekten är pulmonalis-klaffstenos (förtjockning och förträngning av klaffen från höger kammare till lungartären). Fiskar har naturligtvis gälar och inte lungor, och artären som lämnar den enda kammaren är aortan (lämnar vänster kammare i fyrkammars hjärtan), men aortan ersätter i viss mån lungartären eftersom blodkärl till gälarna utgår från aortan och därmed skulle man kunna tänka sig att motsvarande stenosis uppstår i aortaklaffen. Valvulär stenosis sågs inte, och inte heller den fjärde defekten i Fallots tetralogi, nämligen kammarförtjockning (höger kammare hos människor. Den sista defekten uppstår sekundärt till den ökade arbetsbelastning på hjärtat på

grund av de övriga defekterna, eftersom det måste arbeta hårdare för att förse kroppen med syre. I Luleälvs laxen sågs inga tecken på hjärtsvikt eller skada på grund av den förskjutna aortan vid histopatologisk undersökning utan hjärtana verkade (än så länge) fungera utan problem. Orsaken till missbildningen är okänd. Om det är en ärftlig missbildning måste den ha utvecklats flera generationer tidigare eftersom inga syskon upptäcktes. Mer troligt är kanske att någon störning som en (liten) temperaturopp har inträffat under rominkubationen, eftersom för höga temperaturer kan få organ att utvecklas för snabbt, vilket bland annat kan leda till hjärtfel (Brijs et al., 2020).

Baserat på resultaten, som diskuterats ovan, föreslår vi ett generellt provtagningsschema för hälsoövervakning av lax som inkluderar:

Hos all lax

- Morfometriska parametrar (längd, vikt, kön)
- Visuell utvärdering inklusive foton för senare poängsättning enligt det föreslagna HÅLSA1-indexet
- Blodprover för mätning av hemoglobin, hematokrit, glukos, laktat, tiaminvitaminer samt blodcellers sammansättning och morfologi

Hos lax med skador (baserat på dessas typ) samt valfritt hos synbart frisk lax

- Prover för virologi, bakteriologi, mykologi (odling och/eller PCR)
- Prover för histologi – hudlesioner (icke-mekaniska), inre organ med lesioner eller rutinmässigt lever, hjärta och njure
- Dessutom kan registreringar av vattentemperatur och vattenflöde (i floder), närhet till forsar etc. vara användbara för att hjälpa till med tolkningen av blodkemiska värden.

Slutsatser

Våra resultat tyder på att det inte finns några allvarliga utbrott av virusorsakade eller bakteriella sjukdomar hos laxen i Torneälven. Den vanligaste infektionen var vattenmögel, särskilt under höstprovtagningar, och mer forskning behövs för att ta reda på de möjliga konsekvenserna av infektion med de olika algsvamp- och svamparterna på laxens hälsa, reproduktionsframgång och överlevnad. Hos fiskar med RSD indikerar förekomsten av DNA som skulle kunna vara en organism som är besläktad med organismen MLO och som orsakar en liknande sjukdom hos regnbåge ytterligare undersökningar.

Oavsett om det rör sig om generella eller riktade provtagningar är det bra med ett enhetligt protokoll för bedömning av laxens hälsostatus och en gemensam provpanel för att möjliggöra tolkning och jämförelse av data. Foton som kan användas för hälsokategorisering, morfometriska variabler och blodparametrar behöver samlas in kontinuerligt för att utöka referensbiblioteket och möjliggöra jämförelse av prover som samlats in

under hela migrationssäsongen samt mellan år. Försiktighet måste iakttas vid tolkning av blodkemiska värden, särskilt glukos och laktat, med tanke på den potentiella effekten av fångstmetod, stress, vattentemperatur etc. Tiaminnivåerna måste också övervakas kontinuerligt eftersom trender för M74 kan upptäckas före leken och ge en indikation på hur framgångsrik årets lek kan bli. Alla dessa data kan samlas in utan att laxen avlivs, men blodprovstagning är stressande då det kräver immobilisering/fixering som antingen görs manuellt, vilket bör anses oetiskt, eller under sövning, vilket är påfrestande för laxen. Detta skulle lägga mer stress till den stress som orsakas av fångsten, och med de laktatnivåer som registreras här kan utsättning av levande lax efter provtagning inte rekommenderas. Därför är avlivning det bästa alternativet för provtagning. Detta möjliggör också provtagning för histopatologi och detektion av patogener, vilket kan fungera som tidiga varningar om att något introduceras i populationen och kan bli ett problem framöver.

VÅRA TACK

Ett stort tack till Perttu Koski som varit en fantastisk mentor, och som också bidrog med data till denna rapport genom sina generella provtagningar 2020. Naturresursinstitutet (Luke) tackas för att ha delat med sig av information om frisk lax från samma fiske. Riina Huusko, Oona Herzog, Eliisa Rantanen och Laura Härkönen tackas för att ha bidragit med värdefulla prover.

SVA vill rikta ett stort tack till familjen Medström på Seskarö och familjen Mansikka samt Seppo Lauri vid Risudden. Utan er hjälp under dessa år skulle våra provtagningar inte ha varit möjliga att utföra. Dessutom tack till Vattenfall/Hedens kompensationsodling och fiskaren Johnny Stålmarm som hjälpte oss under provtagningarna i Luleälven 2021.

RV vill tacka fiskaren Eino Martin som har hjälpt oss att få många laxprover. RV vill också tacka arrangörerna och deltagarna i fisketävlingarna, personalen på Lappeen Lohi och Juha Pieskä för deras samarbete och alla fiskare som vi fick laxprover av. Dessutom ett tack till RV:s sommarpersonal och Hanna Kinnula, som har hjälpt till vid provtagningarna.

FINANSIERING

Undersökningarna finansierades genom forskningsfonden som baseras på intäkterna från det svensk-finska gemensamma gränsälvsfiskekortet. Fonden administreras av NTM-centralen i Lappland och Havs- och vattenmyndigheten. Under 2020 bidrog Länsstyrelsen i Norrbottens län ekonomiskt till de svenska provtagningarna.

Referenser

- Agedal, K.J., Steidl, K.E., Burgess J.L. 2023. An Overview of Type B Lactic Acidosis Due to Thiamine (B1) Deficiency. *Journal of Pediatric Pharmacology and Therapeutics* 28(5): 397-408. doi: [10.5863/1551-6776-28.5.397](https://doi.org/10.5863/1551-6776-28.5.397)
- Anonymous. 2016. Orthomyxoviridae. In: Fenner's Veterinary Virology, 5th ed. MacLachlan, N.J., Dubovi, E.J. (Eds). 389-410. Academic Press, Elsevier Inc. ISBN 978-0-12-800946-8. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-800946-8.00021-0>
- Axén & Koski 2017. Salmon deaths in Torne River 2014 - 2016. Report to the Swedish Agency for Marine and Water Management and the Centre for Economic Development, Transport and the Environment, Lapland. https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/elaimet/elainten-terveys-ja-elaintaudit/elaintaudit/kalat-ja-ravut/lohikuolemat_tornionjoella_2014-2016.pdf
- Bernhard, M., Döll, S., Kramer, A., Weidhase, L., Hartwig, T., Petros, S., Gries, A. 2020. Elevated admission lactate levels in the emergency department are associated with increased 30-day mortality in non-trauma critically ill patients. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine* 28: 82 <https://doi.org/10.1186/s13049-020-00777-y>
- Brijs, J., Hjelmstedt, P., Berg, C., Johansen, I. B., Sundh, H., Roques, J. A., Ekström, A., Sandblom, E., Sundell, K., Olsson, C., Gräns, A. 2020. Prevalence and severity of cardiac abnormalities and arteriosclerosis in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 526: 735417. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735417>
- Carbajal-González, M. T., Fregeneda-Grandes, J. M., Suárez-Ramos, S., Rodríguez Cadenas, F., Aller-Gancedo, J. M. 2011. Bacterial skin flora variation and in vitro inhibitory activity against *Saprolegnia parasitica* in brown and rainbow trout. *Diseases of Aquatic organisms* 96(2): 125–135. <https://doi.org/10.3354/dao02391>
- Currie, A.R., Cockerill, D., Diez-Padrisa, M., Haining, H., Henriquez, F.L., Quinn, B. 2022. Anemia in salmon aquaculture: Scotland as a case study. *Aquaculture* 546: 737313. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737313>
- EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ). 2011. Scientific Opinion on assessment of epidemiological data in relation to the health risks resulting from the presence of parasites in wild caught fish from fishing grounds in the Baltic Sea. *EFSA Journal* 9(7): 2320. doi: [10.2903/j.efsa.2011.2320](https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2320).
- Engblom, C., Landor, L., Sjöqvist, C., Korkea-Aho, T., Viljamaa-Dirks S., Paulin, L., Wiklund, T. 2023. Identification and genetic characterization of *Saprolegnia parasitica*, isolated from farmed and wild fish in Finland. *Journal of Fish Diseases* 46(8): 849-860. doi: 10.1111/jfd.13795. PMID: 37222173.
- HELCOM. 2011. Salmon and Sea Trout Populations and Rivers in Sweden – HELCOM assessment of salmon (*Salmo salar*) and sea trout (*Salmo trutta*) populations and habitats in rivers flowing to the Baltic Sea. Baltic Sea Environment Proceedings No. 126B. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSEP126B-SE.pdf>
- Hodneland, K., Endresen, C. 2006. Sensitive and specific detection of Salmonid alphavirus using real-time PCR (TaqMan®). *Journal of Virological Methods* 131(2): 184-192. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2005.08.012>

- Sørensen, J., Vendramin, N., Priess, C., Kannimuthu, D., Henriksen, N.H., Moesgaard Iburg, T., Olesen, N.J., Cuenca, A. 2020. Emergence and Spread of *Piscine orthoreovirus* Genotype 3. *Pathogens* 9(10): 823. doi: [10.3390/pathogens9100823](https://doi.org/10.3390/pathogens9100823)
- van den Berg, A. H., McLaggan, D., Diéguez-Urbeondo, J., van West, P. 2013. The impact of the water molds *Saprolegnia diclina* and *Saprolegnia parasitica* on natural ecosystems and the aquaculture industry. *Fungal Biology Reviews* 27: 33–42. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2013.05.001>
- Wessel, Ø., Olsen, C.M., Rimstad, E., Dahle, M.K. 2015. Piscine orthoreovirus (PRV) replicates in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) erythrocytes ex vivo. *Veterinary Research* 46: 26. <https://doi.org/10.1186/s13567-015-0154-7>
- Vuorinen, P.J., Rokka, M., Nikonen, S., Juntunen, E.-P., Ritvanen, T., Heinimaa, P., Keinänen, M. 2021. Model for estimating thiamine deficiency-related mortality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) offspring and variation in the Baltic salmon M74 syndrome. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology* 54: 97–131. <https://doi.org/10.1080/10236244.2021.1941942>
- Weichert, F.G., Axén, C., Förlin, L., Inostroza, P.A., Kammann, U., Welling, A., Sturve, J., Asker, N. 2021. A multi-biomarker study on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) affected by the emerging Red Skin Disease in the Baltic Sea. *Journal of Fish Diseases* 44(4): 429-440. doi: [10.1111/jfd.13288](https://doi.org/10.1111/jfd.13288)
- Zhao, J., Vendramin, N., Cuenca, A., Polinski, M., Hawley, L.M., Garver, K.A. 2021. Pan-Piscine Orthoreovirus (PRV) Detection Using Reverse Transcription Quantitative PCR. *Pathogens* 10(12): 1548. doi: <https://doi.org/10.3390/pathogens10121548>
- Zhu, X., Gasser, R.B., Podolska, M., Chilton, N.B. 1998. Characterisation of anisakid nematodes with zoonotic potential by nuclear ribosomal DNA sequences. *International Journal for Parasitology* 28: 1911–1921. [https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(98\)00150-7](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(98)00150-7)

Bilaga 1 - Bedömning av hälsoindex

Följande poängsystem användes:

HÄLSA1: 1) frisk, 2) lindrigt påverkad hälsa, 3) måttligt påverkad hälsa utan tecken på sekundär svamp-/alginfektion, 4) måttligt till allvarligt påverkad hälsa med tidig svamp-/algsvampsinfektion och 5) omfattande svamp-/algsvampsinfektion, dvs. svår/obotlig sjukdom

HÄLSA2: 1) friska, 2) mekaniska skador, 3) sjukdom



Inga synliga skador (förutom ibland fjällförlust orsakade av fångst), inkl. helt läkta skador

HÄLSA1 poäng 1

HÄLSA2 poäng 1



Akuta till subakuta mindre till måttligt stora skador

HÄLSA1 poäng 2

HÄLSA2 poäng 2 om mekanisk

HÄLSA2 poäng 3 om inte mekanisk



Mer omfattande, subakuta till kroniska skador, utan tecken på vattenmögel

HÄLSA1 poäng 3

HÄLSA2 poäng 2 om mekanisk

HÄLSA2 poäng 3 om inte mekanisk



Måttliga till omfattande skador med tecken på mild/tidig svamp-/algsvampinfektion

HÄLSA1 poäng 4

HÄLSA2 får 2 poäng om mekanisk skada är den primära orsaken

HÄLSA2 poäng 3 om icke-mekanisk skada är den primära orsaken



Omfattande svamp-/algsvampinfektion – svår/obotlig sjukdom

HÄLSA1 poäng 5

HÄLSA2 poäng 3

Farliga djursmittor kan få allvarliga konsekvenser, från lidande hos djur och människor till ekonomiska förluster och störningar i matförsörjningen. Statens veterinärmedicinska anstalt, SVA, är en expertmyndighet som genom diagnostik, forskning och rådgivning stärker Sveriges förmåga att bekämpa djursjukdomar som utgör hot mot kritiska samhällsfunktioner.

Friska djur – trygga människor.

Besöksadress: Ulls väg 2B, postadress: 751 89 Uppsala

Tel: 018-67 40 00, e-post: sva@sva.se

Webb: sva.se