AquaPredict

FRAMTIDENS SMOLTPRODUKSJON 2026

Fra vannkjemi til blodprøver

– hvordan biomarkører gir innsikt i smoltens helse og prestasjon

Hvordan produksjonsdata, vannkjemi og klinisk blodkjemi gir oss hele bildet for å rette opp i rot-årsaker i settefiskanlegget

---

Kjetil Korsnes
AquaPredict AS, Bodø, Norway

OM OSS

AquaPredict – biologisk innsikt der fisken er

Norsk teknologiselskap som gjør avansert fiskehelseanalyse tilgjengelig direkte på anlegget

VÅRT OPPDRAG

Vi reduserer dødeligheten i fiskeoppdrett

Ved å gjøre fiskens fysiologi målbar – direkte på anlegget.

2023

Etablert i Bodø

Norsk, privateid teknologiselskap

Jan 2026

Plattform lansert

AquaPredict + SmoltReady-sertifikatet

12 min

Svar på anlegget

Fra blodprøve til digital beslutningsstøtte

ET TVERRFAGLIG LAG

Fiskehelse · produksjonsbiologi · maskinlæring · programvare · marked

Vi kombinerer biologisk fagkunnskap med data og teknologi for å gi oppdretteren tidligere og mer presise beslutningsgrunnlag.

TEAM LANGS KYSTEN

Fire fagmiljøer – ett selskap

- Tromsø
- **Bodø** – hovedkontor
- Bergen
- Leirvik

Nær biologien. Nær produksjonen.

Fra biologisk signal til operativ beslutning – i minutter, ikke dager.

AquaPredict

AGENDA

Tematisk innhold

01 Teknologien til AquaPredict

02 Vi kan måle fysiologiske responser – tre eksempler

03 Hele bildet: produksjonsdata – vannkjemi – blodkjemi

04 En case der grunnleggende utfordring ble avdekket på settefiskanlegg

05 Konklusjoner

TEKNOLOGIEN

Point-of-care: fra blodprøve til fysiologisk innsikt

Oppdretteren får beslutningsstøtte på anlegget – på 12 minutter

1

Prøve fra fisken

100 µL helblod

- Prøven tas på anlegget

2

Analyse ved tanken

Resultater på 12 minutter

- Flere biomarkører
- Ingen prøvetransport

3

Data til AquaPredict Cloud

Automatisk opplasting og behandling

- Blodkjemi + fiskevekt
- Vektjusterte normalområder
- ML-modeller
- Fysiologisk tolkning

Kobles med **miljødata** og **produksjonsdata**

4

Svar tilbake i portalen

Konkret informasjon om fisken

Tiltak og oppfølging

↺ Tilbake til ny prøve – mål effekten

HOVEDBUDSKAP

Fra rå blodverdier til fysiologisk beslutningsstøtte – mens fisken fortsatt er på anlegget.

Mål → forstå → sett inn tiltak → mål effekten

Fisk → helblod → analyse → AquaPredict Cloud → målrettet beslutning

AquaPredict

TEKNOLOGIEN

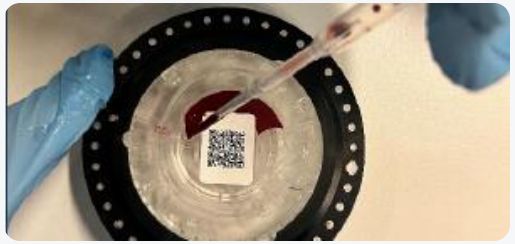
Digital fiskehelse

Forstå årsaken – velg tiltak – mål effekten



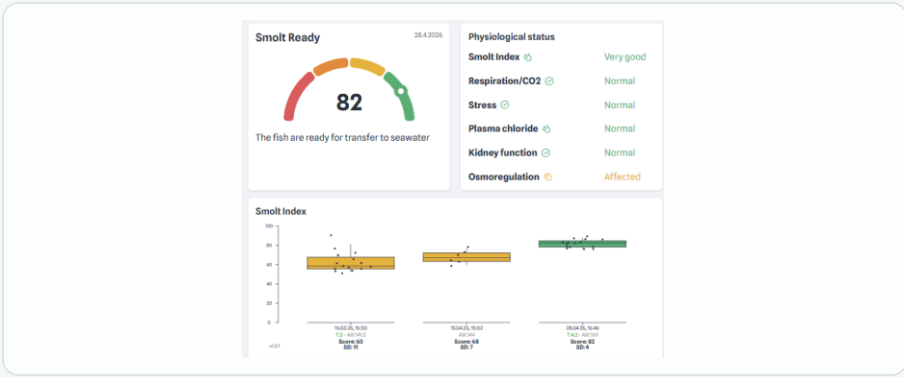
Analysator ved tanken

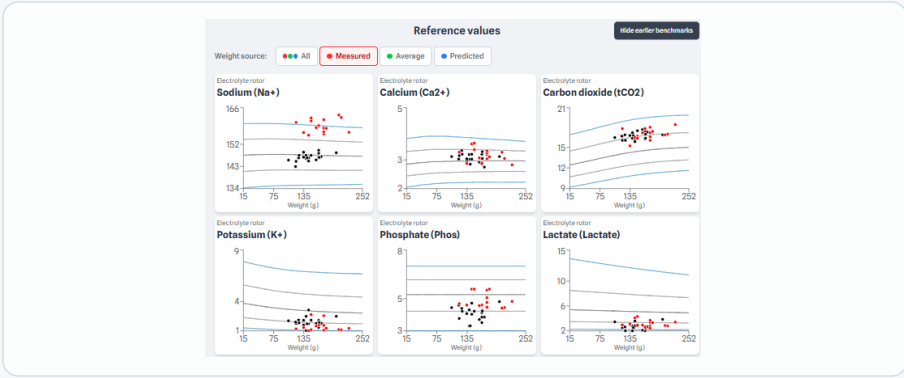






Prøvetaking og rotor





Rapport og vektjusterte referanseverdier i portalen

TEKNOLOGIEN

Hvordan kan blodet vise om fisken er sjøvannsklar?

Maskinlæring finner mønsteret i flere biomarkører samtidig

1 Vi følger smoltifiseringen

Fra parr til ferdig smolt

- 11 måletidspunkter
- Kontrollert smoltforsøk

2 Blodprofil + biologisk fasit

Modellen må vite hva som var smolt

- Blodkjemi
- Gjellemarkører
- 72 timers sjøvannstest

Fasit: smolt / ikke smolt

3 Modellen lærer mønsteret

Kombinasjonen er viktigere enn én verdi

Flere biomarkører vurderes samlet → fysiologisk profil

Testet på fisk modellen ikke hadde sett

AUC 0,99

4 Ny fisk får et estimat

Én blodprøve inn – fysiologisk status ut

Hvor i smoltifiseringen?

Tidlig — Smolt

Sannsynlighet for smolt

85 %

Forventet sjøvannstoleranse: **sjøvannsklar**

HOVEDBUDSKAP

Maskinlæring måler ikke noe nytt. Den setter sammen hele blodprofilen og kjenner igjen fysiologiske mønstre. Da kan vi vurdere smoltstatus og sjøvannsklarhet før utsett.

Modellen støtter beslutningen – den erstatter ikke biologisk vurdering, driftsdata eller fiskehelsefaglig skjønn.

AquaPredict

TEKNOLOGIEN

Hvordan vet vi om en blodverdi er normal?

Vi sammenligner fisken med forventede verdier ved samme vekt

1 Normal biologi endrer seg

Biomarkører varierer når fisken vokser

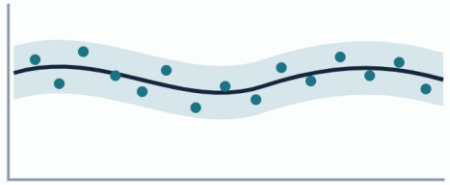


Biomarkør mot fiskevekt

Én fast grense passer ikke alle

2 Vi bygger referansekurven

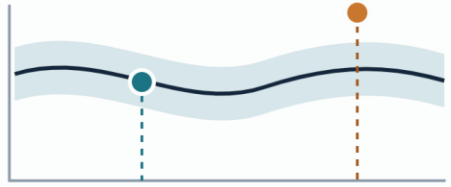
Friske fisk i mange vektklasser



Forventet normalområde langs fiskevekt

3 Ny fisk sammenlignes

Vekt + blodverdi

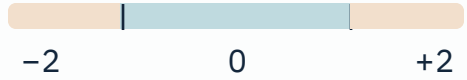


innenfor utenfor

Sammenlignes ved egen vekt

4 Resultatet blir enkelt

Z-score viser avstanden fra forventet



- 0 = forventet
- −2 til +2 = normalområdet
- Under −2 eller over +2 = utenfor

Lav **Normal** **Høy**

HOVEDBUDSKAP

Vi bruker ikke én fast grense for all fisk. Hver blodverdi vurderes mot normalområdet for fiskens egen vekt. Da skiller vi normal vekst fra reelle fysiologiske avvik.

Fiskens vekt + blodprøve → riktig normalområde → lav, normal eller høy

AquaPredict

FYSIOLOGISKE RESPONSER

Fysiologiske responser vi kan måle i blodet

Tre eksempler på noen viktige:

01
Osmoregulering

02
Respirasjon

03
Stress (belastning)

AquaPredict

01 · OSMOREGULERING

Fra kompensasjon til reguleringssvikt

Blodprofilen varsler før vi ser tydelige tegn på fisken

Na^+/K^+-ATPase bruker energi

Driver ionereguleringen som holder Cl^- i balanse

ATP → 3 Na^+ ut · 2 K^+ inn → Cl^- i balanse

1 I balanse

Alle markører innenfor normalområdet

Vektjustert normalområde

Cl^-	● normal
Na^+ og K^+	● normal
Glukose	● normal

2 Kompenserer

Reguleringsarbeidet øker

Vektjustert normalområde

Cl^-	● holdes normal
Na^+ og K^+	● endres
Glukose	↑ stiger

3 Tidlig varsel

Cl^- går under normalområdet

Vektjustert normalområde

Cl^-	↓ faller
Na^+ og K^+	● større avvik
Glukose	↑ høy

⚠ **Blodprøven varsler**

4 Reguleringssvikt

Flere markører utenfor normalområdet

Vektjustert normalområde

Cl^-	↓ markert lav
Na^+ og K^+	● i ubalanse
Glukose	↑ høy

⚠ **Synlige tegn kan komme senere**

HOVEDBUDSKAP

Fisken kan opprettholde Cl^- mens den kompenserer. Når Cl^- faller under normalområdet, er reguleringsevnen i ferd med å svikte. Da kan tiltak settes inn før problemet blir synlig.

Biomarkørene tolkes samlet – de måler ikke Na^+/K^+-ATPase direkte.

AquaPredict

02 · RESPIRASJON

Eksempel: 5 ° C | 2 ppt | ca. 60 g

Høy CO_2: fisken kompenserer – men det koster

Normal pH kan skjule en kronisk fysiologisk belastning

1 CO_2 i vannet øker

CO_2 diffunderer over gjellene

2 Blodet forsures

pH faller først

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$$

3 Fisken kompenserer

pH normaliseres

- HCO_3^- og tCO_2 øker
- Mer gjellearbeid og energibruk

Kompensert hyperkapni

4 Belastning over tid

Ionebalansen forstyrres

- Cl^- faller · Na^+ stiger · K^+ faller

Robustheten reduseres

BLODPROFILEN AVSLØRER KOMPENSASJONEN

tCO_2 ↑	pH ↗	Cl^- ↓	Na^+ ↑	K^+ ↓	Laktat →
klart høy	høy-normal	lav	høy	lav	normal

⚠ Normal pH ≠ normal belastning

Høy tCO_2 viser at fisken arbeider for å holde syre-base-balansen.

02 · RESPIRASJON

Høy CO_2: hva kompensasjonen koster – og hva oppdretter bør gjøre

Hva koster kompensasjonen?

- Mer energi til gjeller og ioneregulering
- Redusert appetitt, vekst og oksygentransport
- Lavere robusthet ved håndtering og miljøendringer

Hva bør oppdretter gjøre?

- Bedre CO_2-fjerningen
- Stabiliser pH og alkalinitet
- Unngå brå endringer i CO_2
- Kontroller effekten med ny blodprøve

HOVEDBUDSKAP

Fisken kan holde pH normal ved å kompensere – men kompensasjonen bruker energi og forstyrrer ionebalansen. Normal pH frikjenner derfor ikke et anlegg med høy CO_2-belastning.

⚠ Ved rask reduksjon i CO_2 kan kompensasjonen henge igjen → **risiko for for høy pH.**

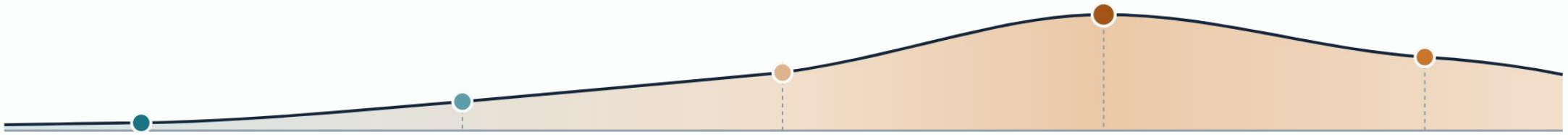
03 · STRESS (BELASTNING)

Hvor i transportkjeden blir fisken belastet?

Blodprøver viser når belastningen oppstår – og om fisken restituerer

1 Før lasting	2 Transport	3 Ventekar	4 Etter pumping	5 6 dager etter
I balanse	Belastningen øker	Moderat belastning	Størst belastning	Ikke fullt restituert

Fysiologisk belastning



DETTE SER VI I BLODET

Ionebalanse
Cl^- faller

Akutt stress
Glukose og laktat stiger

Handling og muskel
K^+ og Ca^{2+} stiger

HOVEDFUNN

Pumping ga den største fysiologiske belastningen. Fisken var fortsatt påvirket seks dager senere.

Ta baseline → mål etter kritiske hendelser → kontroller restitusjon

CASE

Et eksempel på hvordan underliggende svakhet i vannkjemien ble avdekket i et settefiskanlegg

AquaPredict

Fra målinger til målrettede tiltak

Blodkjemi + vannkjemi + produksjonsdata

AquaPredict



BLODKJEMI

Hvordan reagerer fisken?

Syre–base • elektrolytter • metabolisme



VANNKJEMI

Hva utsettes fisken for?

CO_2 • O_2 • pH • alkalinitet



PRODUKSJONSDATA

Hva har endret seg?

Fôring • tetthet • vekst • håndtering

Samlet vurdering



Fiskens respons i sammenheng



Sannsynlig rotårsak

Hva driver belastningen?



Målrettede tiltak

Hva bør endres i driften?

Kontroller effekten

Nye målinger – bedre respons hos fisken?

Forstå årsaken. Velg tiltak. Mål effekten.

CASE · OBSERVASJON

Fisken ble svært stresset sent i produksjonssyklusen

Post-smolt ca. 600 g · brakkvann ca. 22 ppt

1 Tidlig i syklusen

- Lavere biomasse og fôring
- Tetthet ca. 46–50 kg/m³
- Ingen tydelig fysiologisk svikt

2 Belastningen bygges opp

- Fôrmengden øker omtrent tre ganger
- Mer CO_2 produseres per m³
- Enhetene nærmer seg kapasitetsgrensen

3 Sent i syklusen

- Tetthet ca. 55–65 kg/m³
- Fisken fremstår svært stresset
- O_2 er fortsatt 87–88 %

Hva var rotårsaken – og hvorfor var bare noen enheter rammet?

Samme prøvetaking, samme vannkilde og tilstrekkelig oksygen ga ikke svaret alene.

HOVEDPOENG: Symptomene kom sent. Belastningen og kompensasjonen kunne sees tidligere i det samlede datamønsteret.

CASE · DATA

Tre datakilder – tre forskjellige deler av svaret

Ingen av datalagene kunne forklare casen alene

1 Blod – hva fisken sto i

- pH 7,23–7,27 ↓
- tCO_2 14–16 midt–høyt
- Laktat 9–11 mot ca. 4 ↑
- K^+ ↑ · Ca^{2+} øvre område
- Tidlige lave Cl^-/Na^+ hos enkeltfisk

Tolkning: acidose + aktiv, men utilstrekkelig kompensasjon.

2 Vann – hvorfor kompensasjonen hadde et tak

- CO_2 økte fra ca. 7 til 9–10 mg/L
- Topper på 11–12 mg/L
- Alkalinitet 1,3 mmol/L – strukturelt lav
- O_2 stabilt 87–88 %

Tolkning: økende CO_2-belastning, tynn buffer og ingen ekstern O_2-mangel.

3 Produksjon – hva som drev belastningen

- Tetthet 55–65 kg/m³ i rammede enheter
- 46–50 kg/m³ i upåvirkede enheter
- Terskel i casen rundt 50–55 kg/m³
- Fôrmengden omtrent tredoblet

Tolkning: mer metabolsk CO_2 per m³ enn systemet klarte å håndtere.

SAMLET TOLKNING: Delvis kompensert respiratorisk acidose – drevet av produksjonsbelastning over anleggets kapasitet.

CASE · ROTÅRSAK

Rotårsaken blir synlig når data kobles sammen

Fra produksjonsbelastning til fysiologisk respons

Biomasse + fôr ↑
Mer metabolsk CO_2 produseres per m^3

→

CO_2 i vann ↑
Fjerning og gassutveksling rekker ikke å holde følge

→

Tynn buffer
Alkalinitet 1,3 mmol/L begrenser kompensasjonen

→

CO_2 i blod ↑
Respiratorisk acidose – pH faller

→

Kompensasjon
tCO_2/HCO_3^- holdes oppe, Cl^- begynner å falle

Lav pH → funksjonell hypoksi → laktat ↑

Root/Bohr-effekten reduserer Hb-O_2-kapasiteten selv om vannets O_2 er 87–88 %. Laktatet blir derfor en konsekvens av acidosen – ikke nødvendigvis et separat stressproblem.

Selvforsterkende: laktat tilfører mer syre

Hvorfor bare noen enheter?

De tyngste enhetene lå over en case-spesifikk belastningsterskel rundt 50–55 kg/m^3. Den lettere enhetsgruppen lå fortsatt under systemets kapasitet.

Samme vann – ulik metabolsk belastning

ROTÅRSAK: Produksjonsbelastningen overskred samlet kapasitet for CO_2-fjerning og buffer – Fisken kompenserer bare delvis.

CASE · TILTAK

Tiltak: reduser kilden, øk kapasiteten og mål responsen

Tre parallelle grep – ikke ett enkelt tiltak

1 Ta ned biomasse

Reduser tetthet og metabolsk CO_2-produksjon.

Case-mål: under ca. 50–55 kg/m³.

Juster fôring og produksjonsplan etter systemets faktiske kapasitet.

2 Øk bufferkapasiteten

Øk alkaliniteten kontrollert og stabiliser pH.

Unngå brå endringer som kan gi nye syre–base-svingninger.

Følg både alkalinitet og fiskens blodrespons.

3 Fjern CO_2 mer effektivt

Forbedre avgassing, vannutskifting og gassoverføring.

Se på faktisk kapasitet ved maksimal belastning – ikke bare ved normal drift.

Kontroller CO_2-trend og toppdager.

VERIFISER EFFEKTEN:

Ny blodprøve etter tiltak og 24–72 timer: pH bør stige, laktat falle og ionebalansen bevege seg mot normalområdet.

CASE · FREMTIDIG BRUK

Slik bruker vi teknologien for å være tidlig ute

Fra enkelthendelser til kontinuerlig fysiologisk risikostyring

1 Baseline

Blod + vann + produksjon ved stabil drift

2 Følg belastning

CO_2 · pH · alkalinitet · O_2 · tetthet · fôr per m^3

3 Tidlig varsel

pH ↓ + tCO_2 holdes oppe · Laktat/K^+ ↑ · Cl^- begynner å falle

4 Sett inn tiltak

Biomasse ↓ · buffer ↑ · CO_2-fjerning ↑

5 Mål effekt

Ny blodprøve 24–72 timer

HVA MÅLES NÅR?

Kontinuerlig

CO_2 · pH · O_2 – alarmer og toppdager

Daglig

Tetthet · fôr/m^3 – produksjonsbelastning

Ved endring

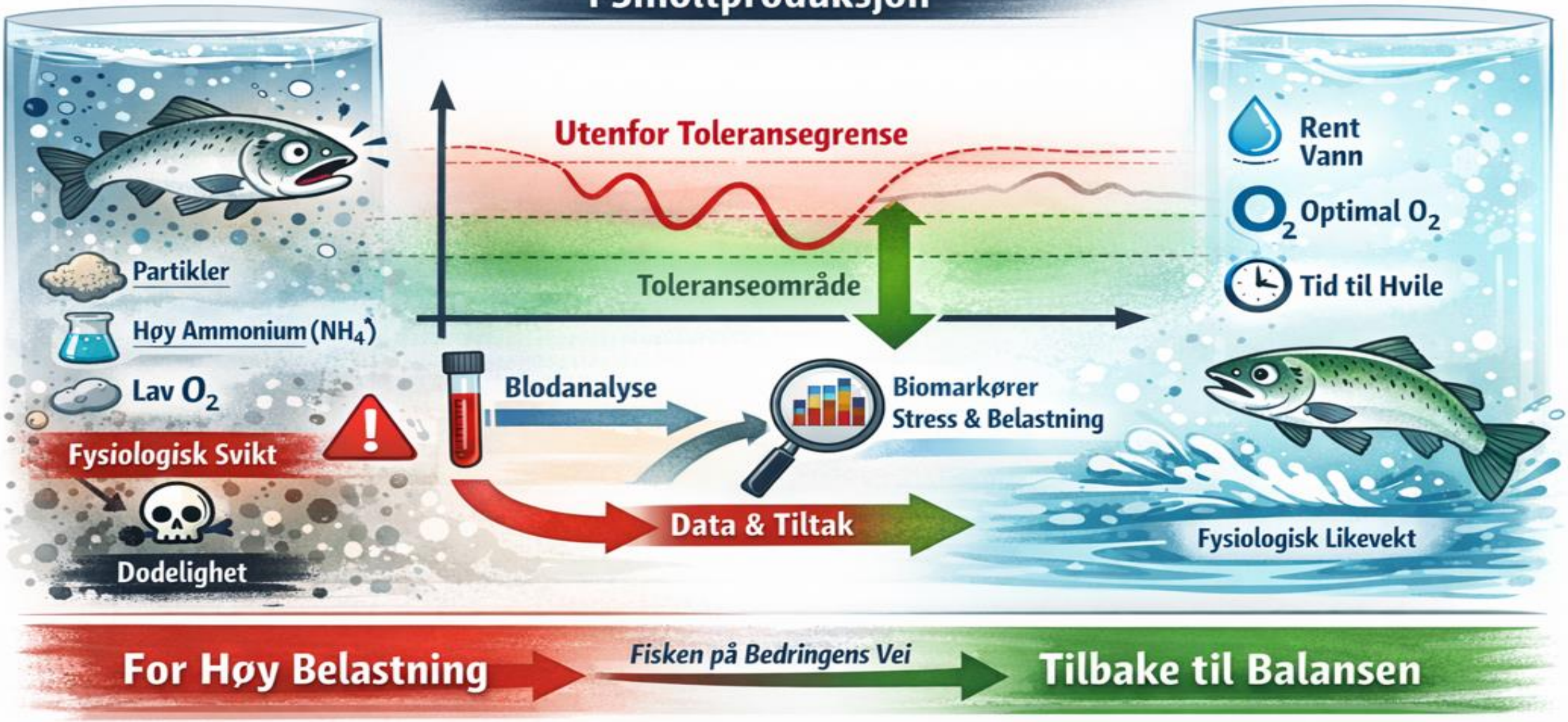
Blod før/etter tiltak + 24 og 72 timer

Beslutning

Se tre datalag samlet – ikke ett tall alene

HOVEDBUDSKAP: Vi må måle det fisken opplever – og koble det til det anlegget produserer – før belastningen blir synlig.

TOLERANSEGRENSER og RESTITUSJON
i Smoltproduksjon



For Høy Belastning → *Fisken på Bedringens Vei* → **Tilbake til Balansen**

AquaPredict

OPPSUMMERING

Konklusjoner

Vi kan ...

01 ... måle fysiologien i sanntid og nær fisken

02 ... avdekke fysiologiske avvik før vi ser det i karet

03 ... finne rot-årsaker til hvorfor fisken blir belastet

04 ... gi objektiv vurdering av fiskens robusthet basert på fysiologi

05 ... ta ned tap i settefiskanlegget og ved utsett i sjø



Forstå årsaken | Velg tiltak | Mål effekten

kjetil.korsnes@aquapredict.no

aquapredict.no

Støttet av Forskningsrådet

REGIONALE FORSKNINGSFOND VESTLAND

REGIONALE FORSKNINGSFOND NORDLAND

REGIONALE FORSKNINGSFOND ARKTIS

Innovasjon Norge

MABIT