

Foto: Albin Gräns

DigiHeart

- Maskinsyn for måling av fiskehjerter

Brohodekonferansen, Frøya, 26 oktober 2023

Lisa-Victoria Bernhardt, Senior Aquaculture Researcher, DVM, Ph.D.
Group Research and Development
DNV, Høvik, Norge

Konsortium



DigiHeart

Et forskningsprosjekt (# 103385) finansiert av Nordforsk under Nordisk ministerråd.

Tidsperiode: 2021-2023

- Avrik Benchmarking
- Fiskaaling
- Mowi
- Bakkafrost
- Hiddenfjord

Færøyene



- Norges miljø- og biovitenskapelige fakultet (NMBU)
- Universitetet i Oslo (UiO)
- **DNV**
- AquaGen
- Aqva-Kompetanse
- SalMar
- Ellingsen

Norge



- Göteborgs Universitet (GU)
- Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU)

Sverige



Bakgrunn

- Fiskedødelighet i akvakulturnæring
 - Utfordring for bærekraften, etikken og økonomien (Fiskehelse rapporten 2022)
 - ~20 % årlig fra utsett i sjø til slakt i Norge (Grefsrud, 2022)
 - Trolig sammenheng med avvikende hjerteform og/eller hjertesykdom (f.eks. Poppe, T.T. et al. 2003)
- Begrenset standardisering for å vurdere hjerteform hos laksefisk



Kvalitativ:

Ventrikel, bulbus arteriosus, fettlagring

+ Oppdager mere ekstreme trekk, påviser trekk som ikke ses kvantitativt

- Utfordrende og subjektiv, trens trening, risiko for å overse (dvs. ikke alltid reproducerbart)

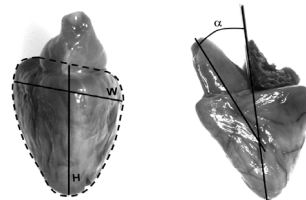


Kvantitativ:

Ratio og vinkler av f.eks. form og posisjon av bulbus arteriosus

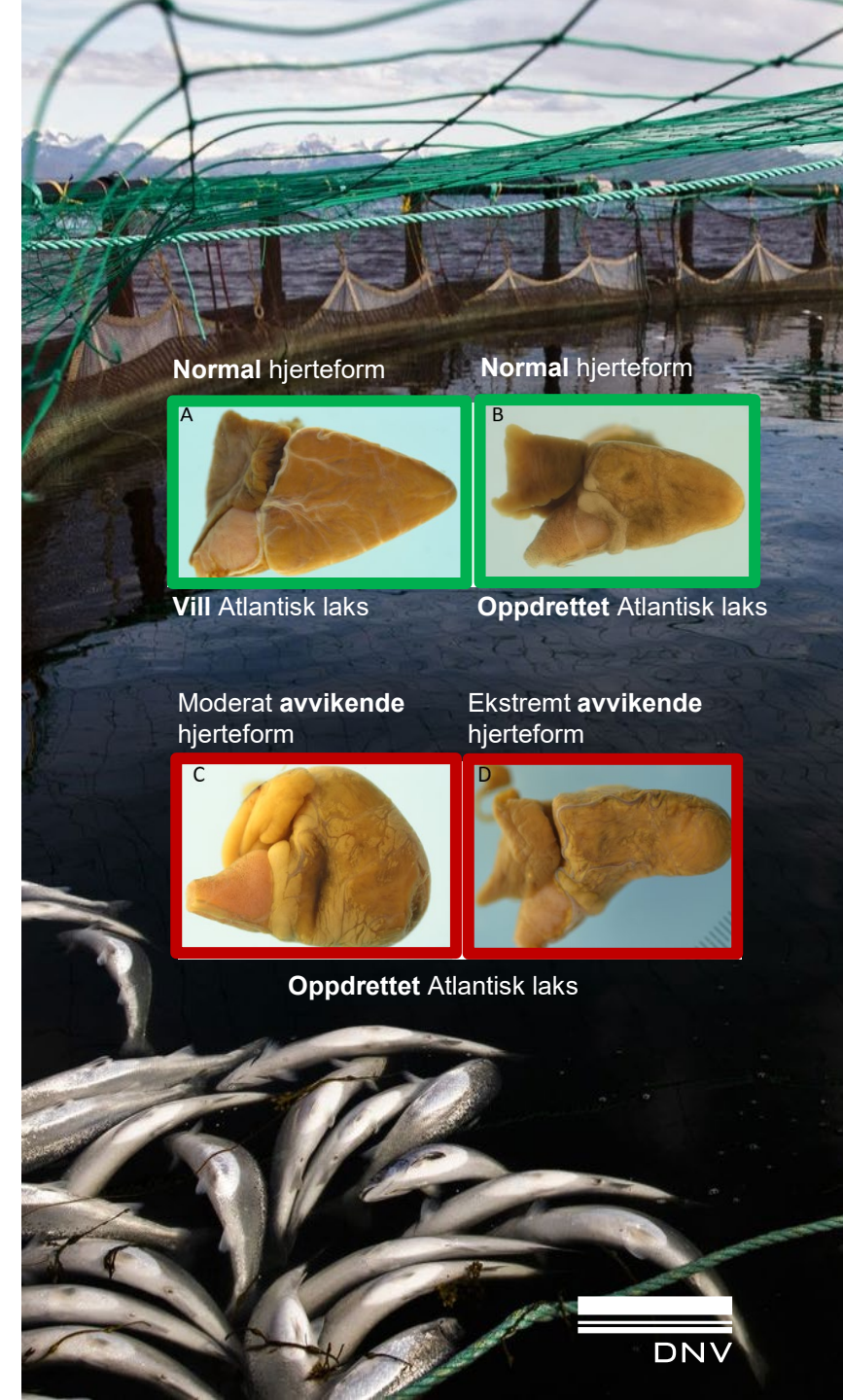
+ Mere objektiv (utvikling over tid), god for sammenligning av ulike fiskegrupper (f.eks. vill vs oppdrettet)

- Få målinger, trenger stort antall prøver (dvs. ikke alltid representativt)



Poppe, T.T. et al 2003

Kvalitativ + Kvantitativ = **Komplementære!**



Normal hjerteform



Vill Atlantisk laks

Normal hjerteform



Oppdrettet Atlantisk laks

Moderat avvikende hjerteform

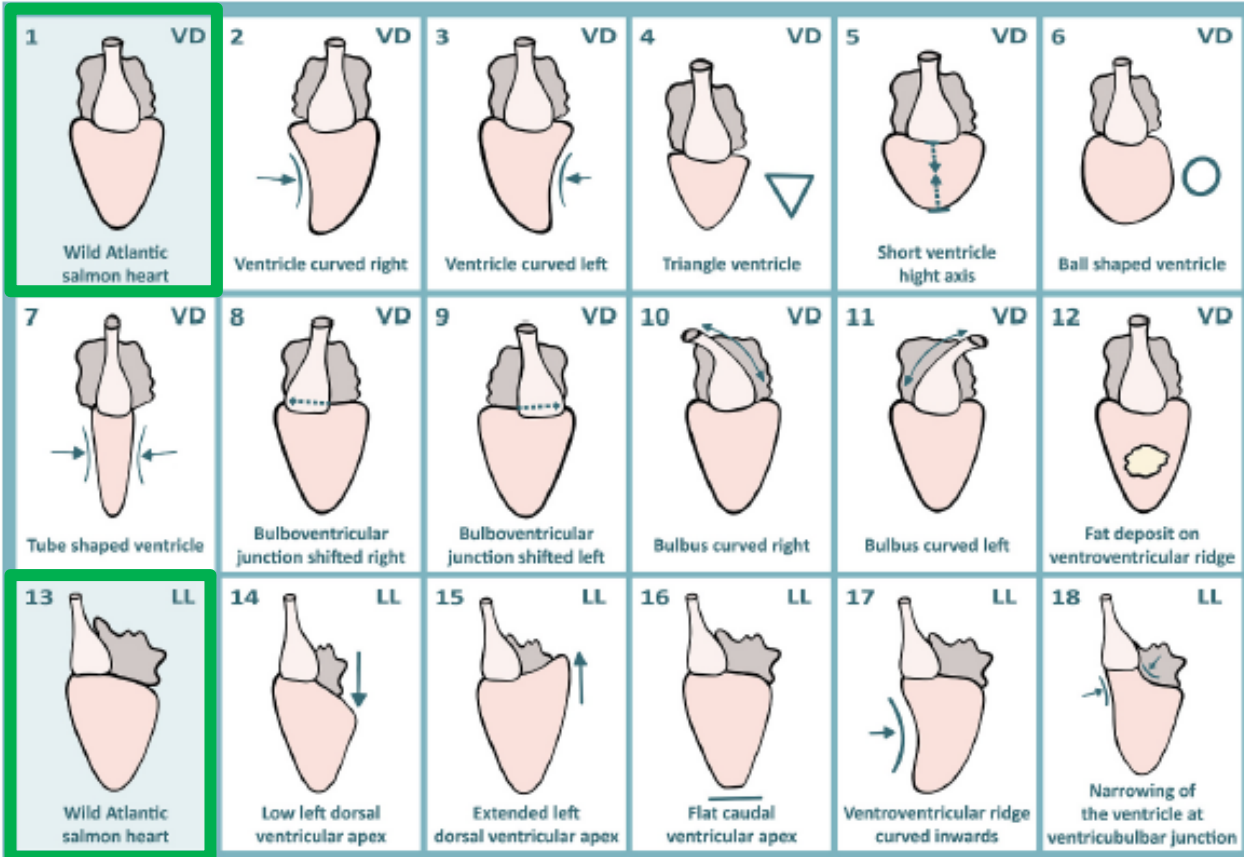


Oppdrettet Atlantisk laks

Ekstremt avvikende hjerteform



Stor variasjon i hjerteform



Engdal, V. A., Dalum, A. S., Kryvi, H., Frisk, M., Torsvik, H., Hodne, K., ... & Johansen, I. B. (2024).

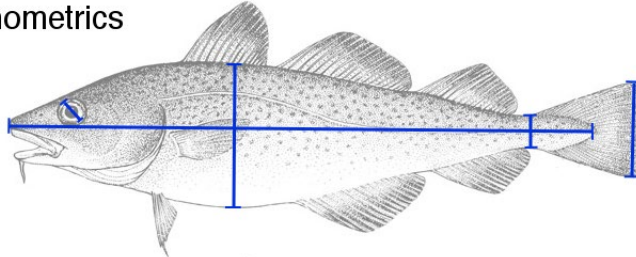
State of the heart: Anatomical annotation and assessment of morphological cardiac variation in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 578, 740046.

Morfometri

= Kvantitativ analyse av form og størrelse

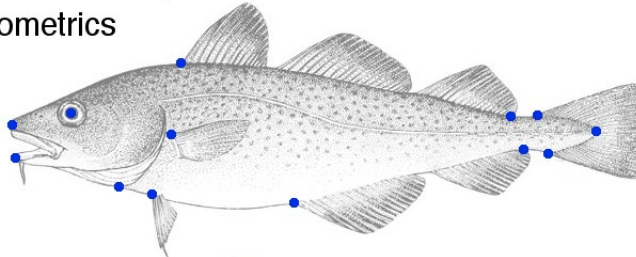
a. Traditional morphometrics

measurements
of length, area,
and their ratios



b. Geometric morphometrics

relative position of
homologous points,
called landmarks



c. Outline analysis

mathematical
decomposition of
the outline in a
sum of sine and
cosine functions

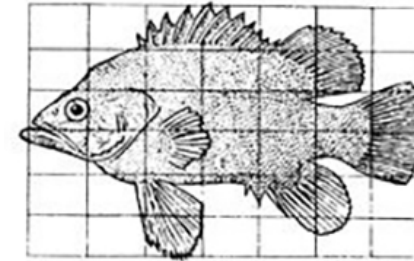
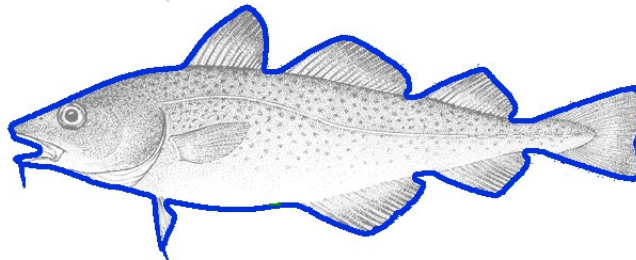


Fig. 150. *Polyprion*.

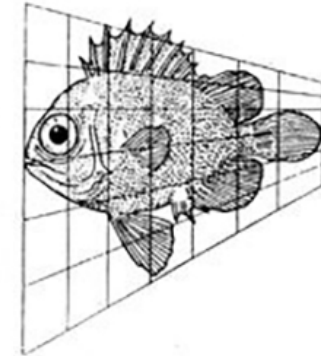


Fig. 151. *Pseudopriacanthus altus*.

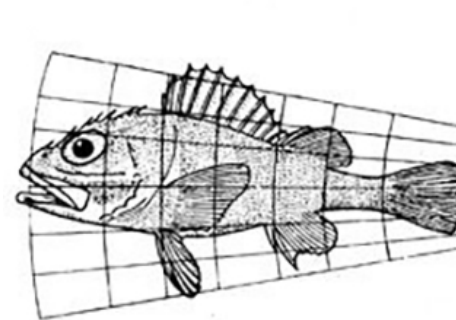


Fig. 152. *Scorpaena* sp.



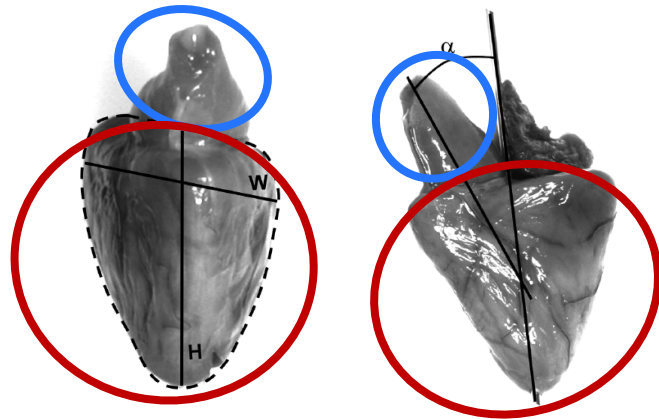
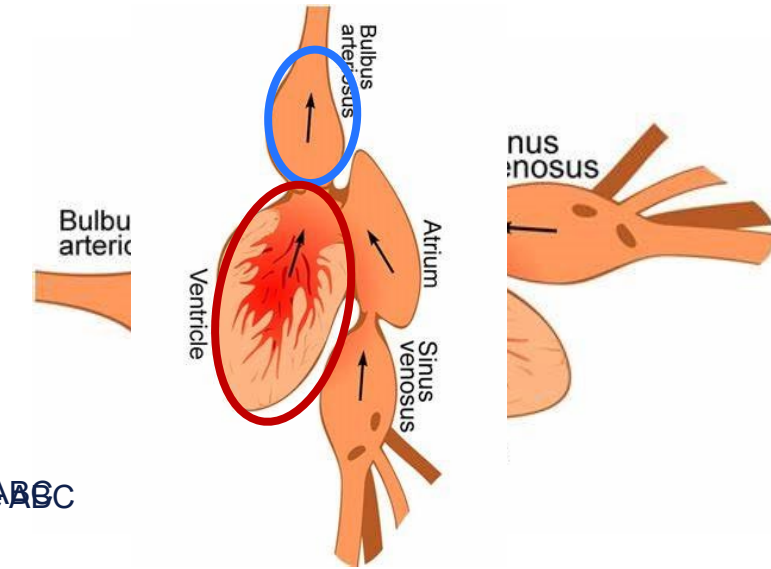
Fig. 153. *Antignonia capros*.

Figur: Sammenligning av ulike morfometriske metoder
<https://www.marmaed.uio.no/outreach/blog/from-shapes-to-numbers.html>

D'Arcy Thompson
"On Growth and Form", 1917.

Måling av fiskens hjerte

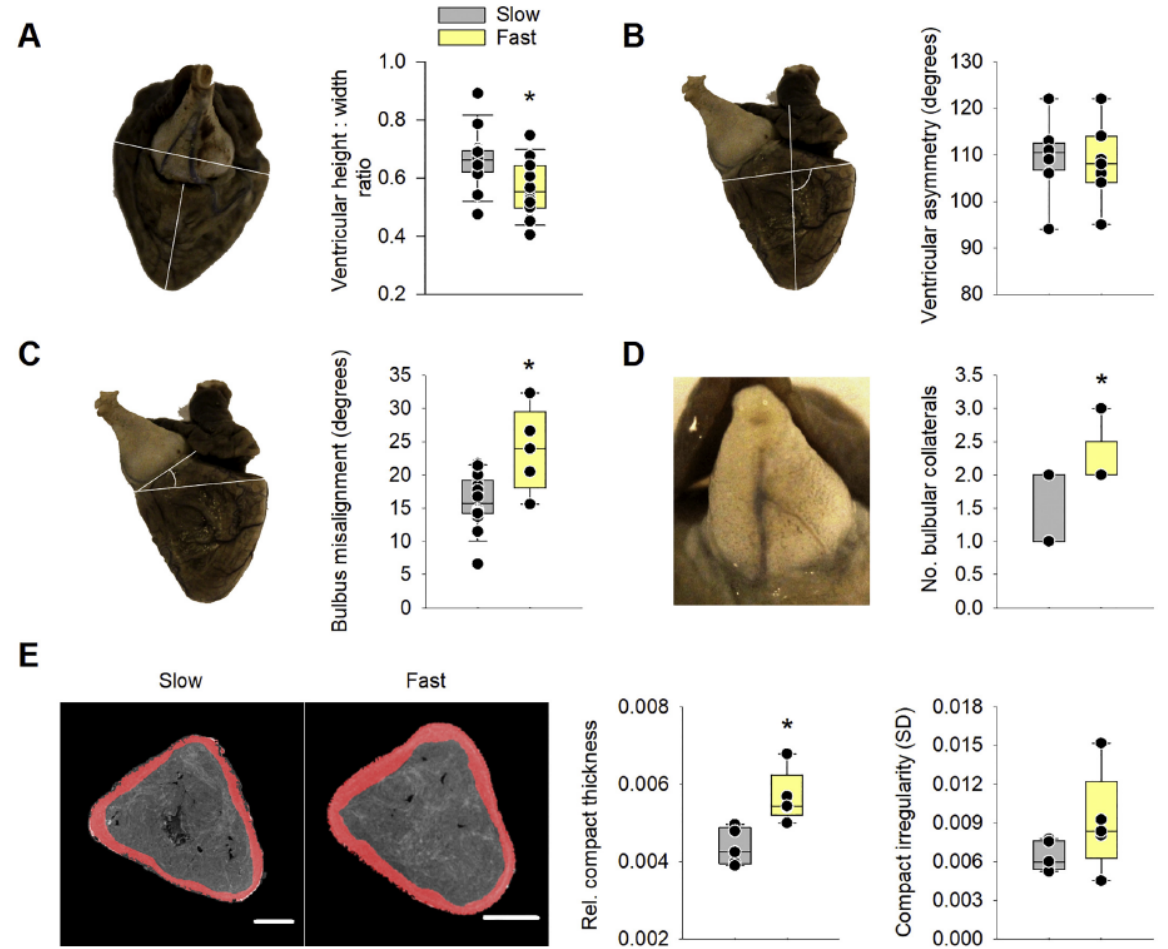
Science ABC



Poppe, T.T. et al 2003

M. Frisk, et al.

Aquaculture 529 (2020) 735615



Frisk, M. et al 2020

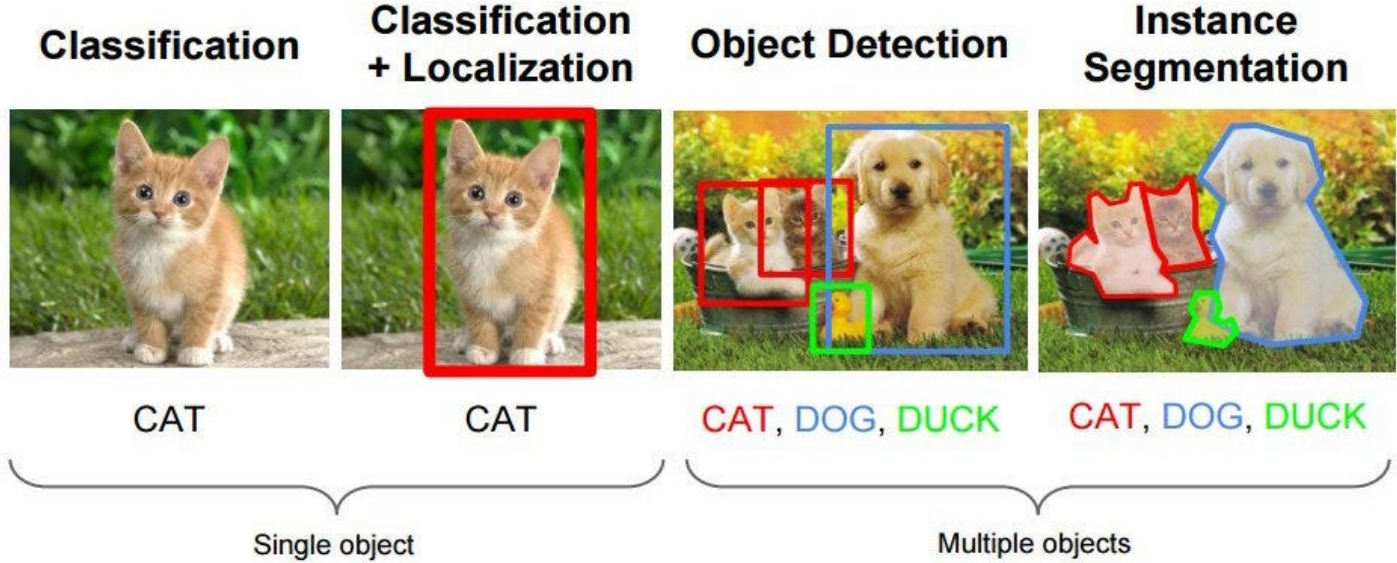
Formål



- Forbedre fiskevelferden og redusere produksjonstap i oppdrettsnæringen
 - **Kombinere** biologisk kunnskap med innsikt fra maskinlæring
 - **Utvikle** en algoritme for å måle hjerteform automatisk
 - **Bruke** modell for å oppnå økt kunnskap om årsakssammenheng

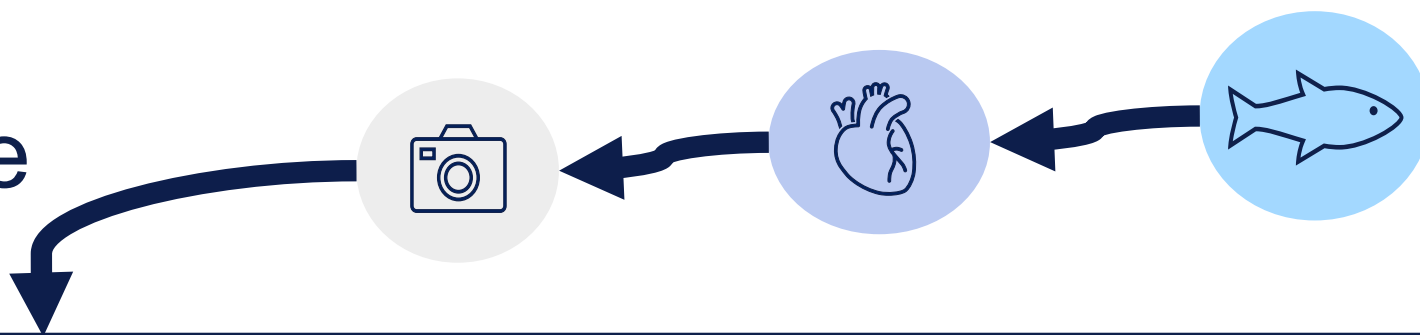
Hva er maskinsyn?

- Bruk av datamaskiner til å identifisere og forstå innhold på bilder



Figur fra Mike Tamir via <https://towardsdatascience.com/>

Metode

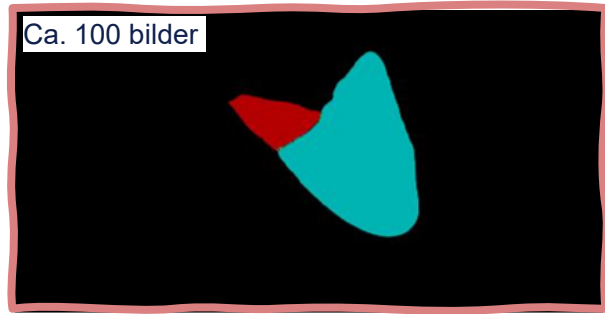


Innsamling og
forhåndsbehandling av
data

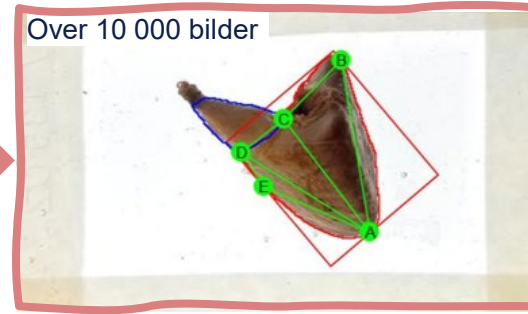
Bygging av modell



«Input» bilde av laksens hjerte
(Lateral venstre)



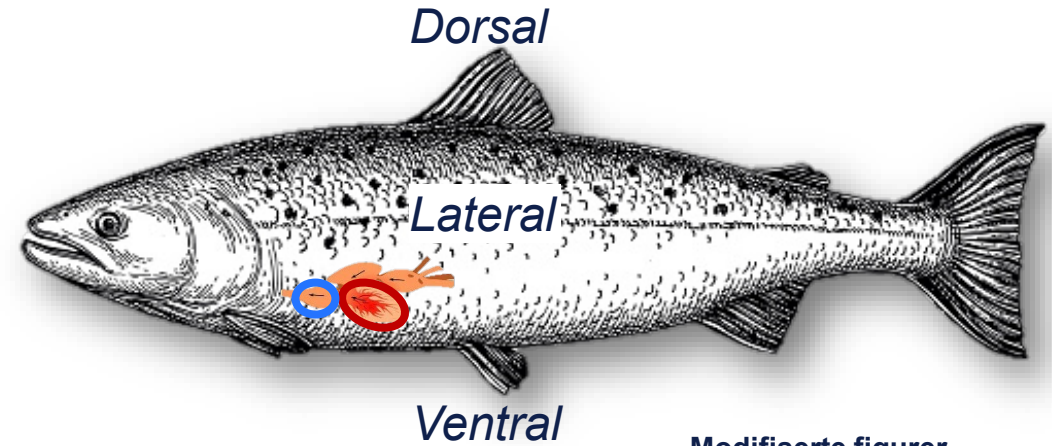
«Raw output» av segmenteringsmodellen,
viser sannsynligheten for **ventrikkel (cyan)**
og **bulbus (rød)**.



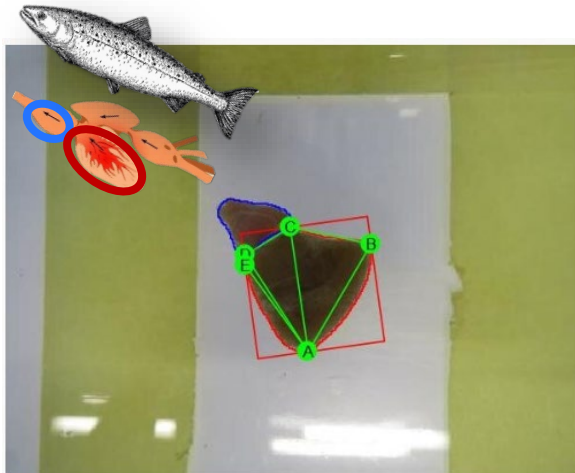
Lokalisering av interessepunkter
(«landmarks») og avstander

“Process flow”

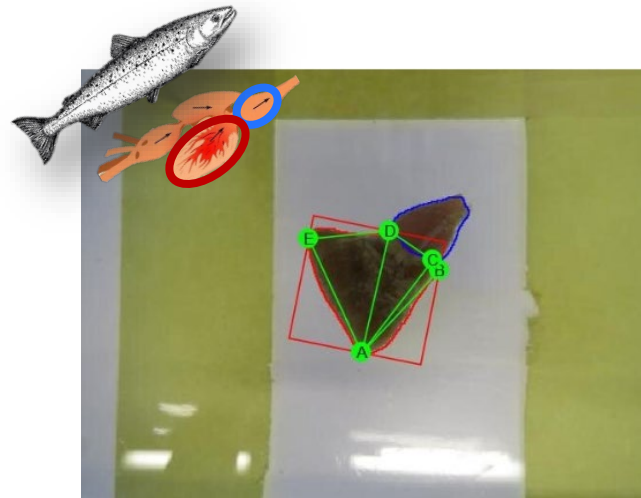
- Algoritmen måler hjerteformen
 - **3 projeksjoner**
 - Lateral venstre; Lateral høyre; Ventrodorsal
 - **5 interessepunkter** (“landmarks”)
 - A, B, C, D, E
 - **8 avstander mellom punktene**
 - AB, AC, AD, AE, BC, CD, CE, DE



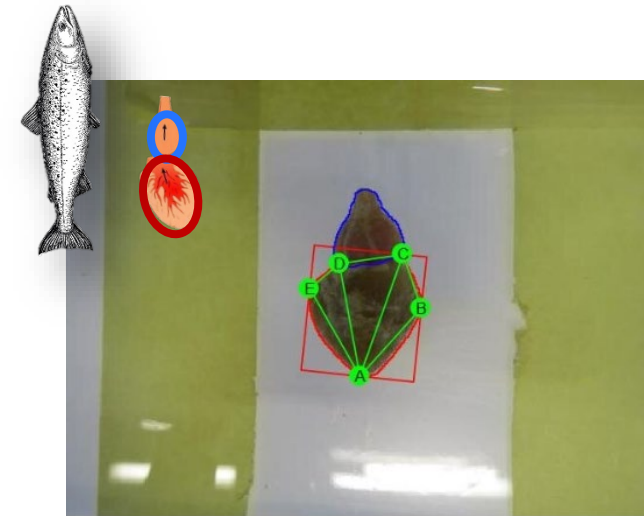
Modifiserte figurer,
original fra iStock & Science ABC



Lateral venstre

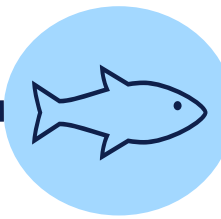
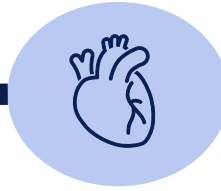


Lateral høyre



Ventrodorsal

Metode



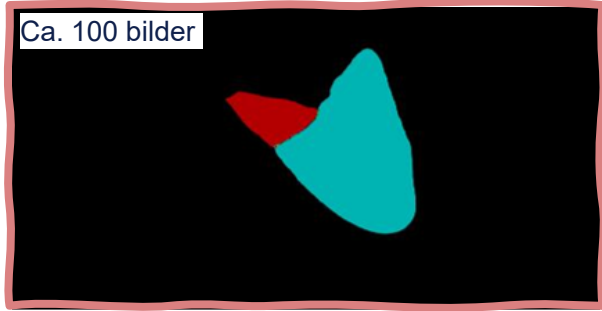
Innsamling og forhåndsbehandling av data

Bygging av model

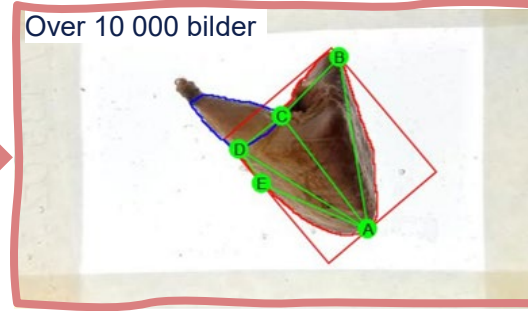
Fortolkning og visualisering



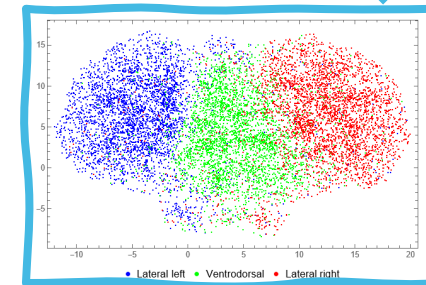
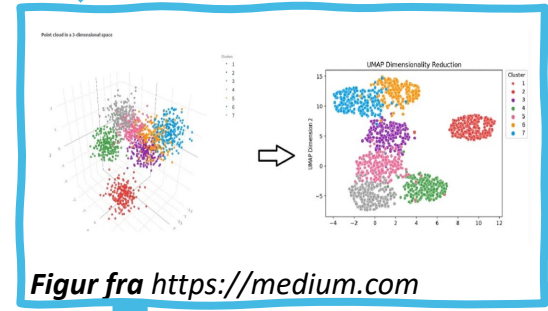
«Input» bilde av laksens hjerte (Lateral venstre)



«Raw output» av segmenteringsmodellen, viser sannsynligheten for **ventrikkel (cyan)** og **bulbus (rød)**.



Lokalisering av interessepunkter («landmarks») og avstander



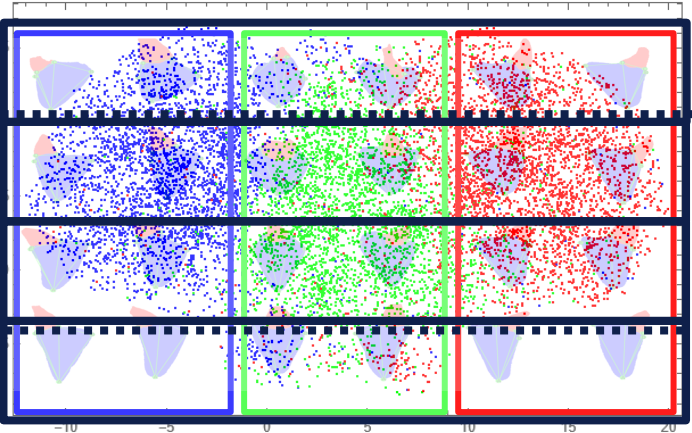
Resultater

Innsamling og
forhåndsbehandling
av data

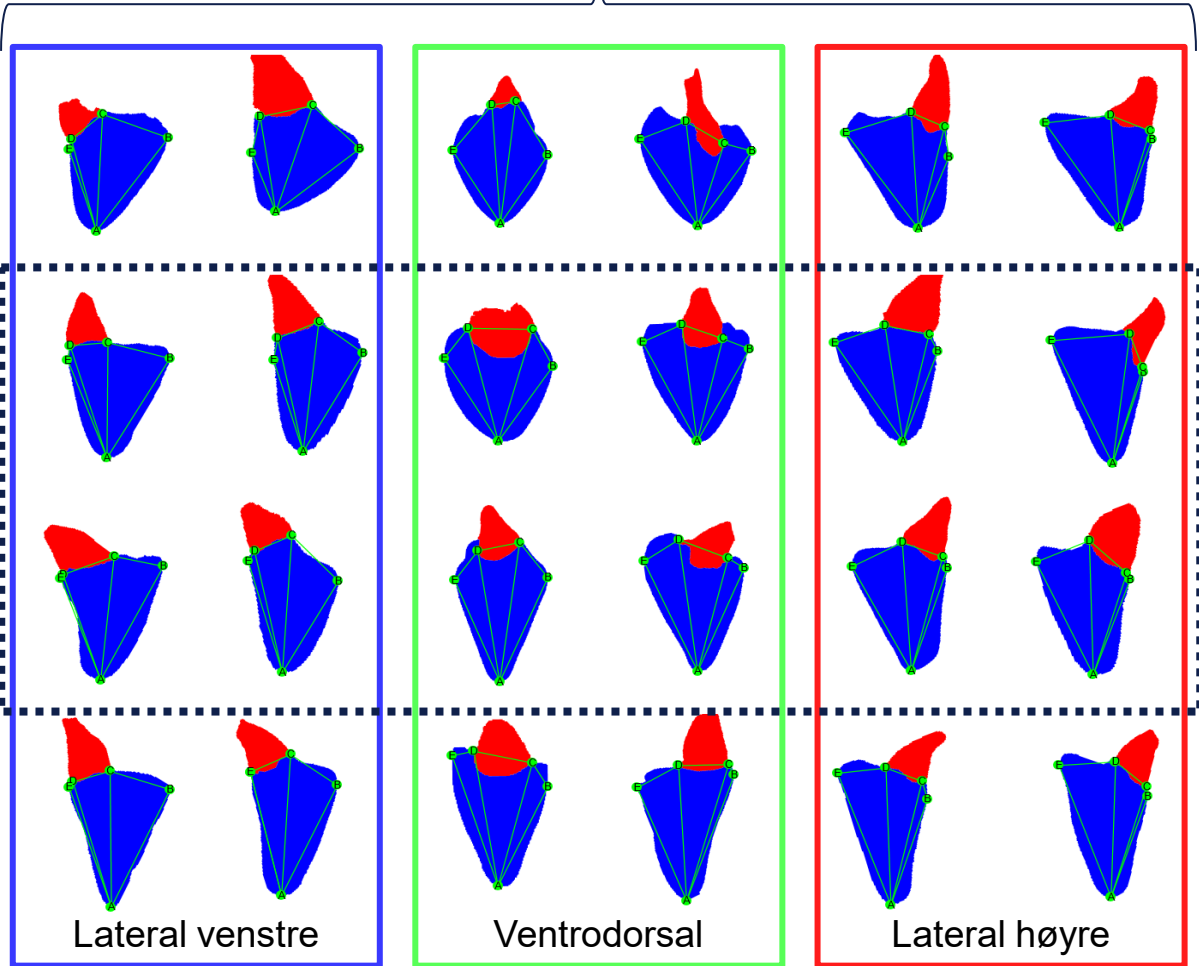
Bygging av modell

Fortolkning og
visualisering

Kartlegging av hjerteformer



• Lateral left • Ventrodorsal • Lateral right



Lateral venstre

Ventrodorsal

Lateral høyre

← Flere døde!

Hva har vi lært?



Trend på populasjonsnivå (ikke på individnivå) mellom avvikende hjerteform og dødelighet



Potensiale å se sammenhenger mellom mulige årsaker og konsekvenser til avvikende hjerteform



Kan muliggjøre mer informerte beslutninger og implementering av forebyggende tiltak



Behov for tillit til å dele data for å bygge maskinlæring/AI-modeller



Anerkjennelse

- Nordforsk under Nordisk ministerråd
- Alle DigiHeart partnere





Lisa-Victoria Bernhardt

Senior Aquaculture Researcher, DVM, Ph.D.
Group Research and Development,...



Takk!

Email: Lisa.Victoria.Bernhardt@dnv.com

www.dnv.com

