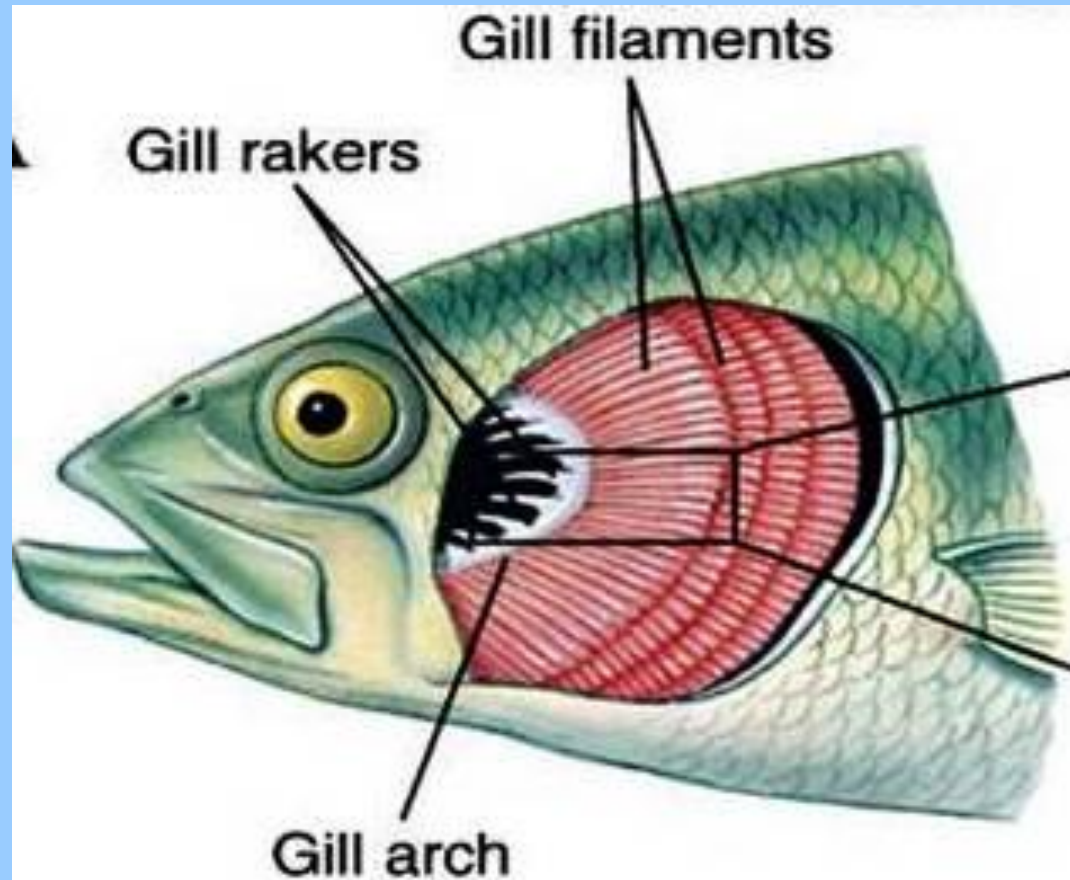
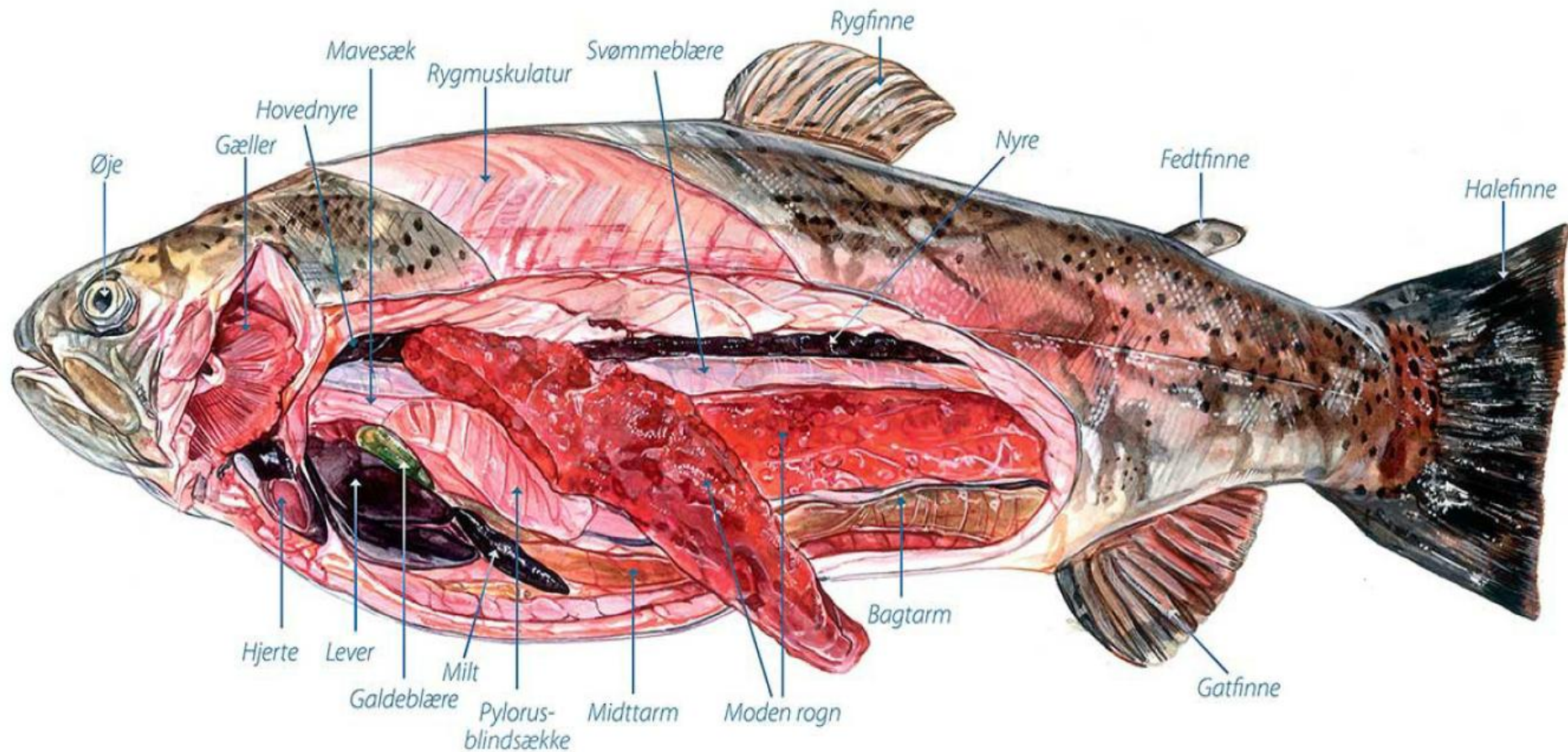


Gæller



**Seniorrådgiver emeritus Alfred Jokumsen
Danmarks Tekniske Universitet (DTU)
Institut for Akvatiske Ressourcer (DTU Aqua)
Nordsøen Forskerpark, 9850 Hirtshals**

FISKE ANATOMI



Figur 1.2: Regnbueørredens anatomi og kendetegn. Illustration: Anne Hviid Nicolaisen.



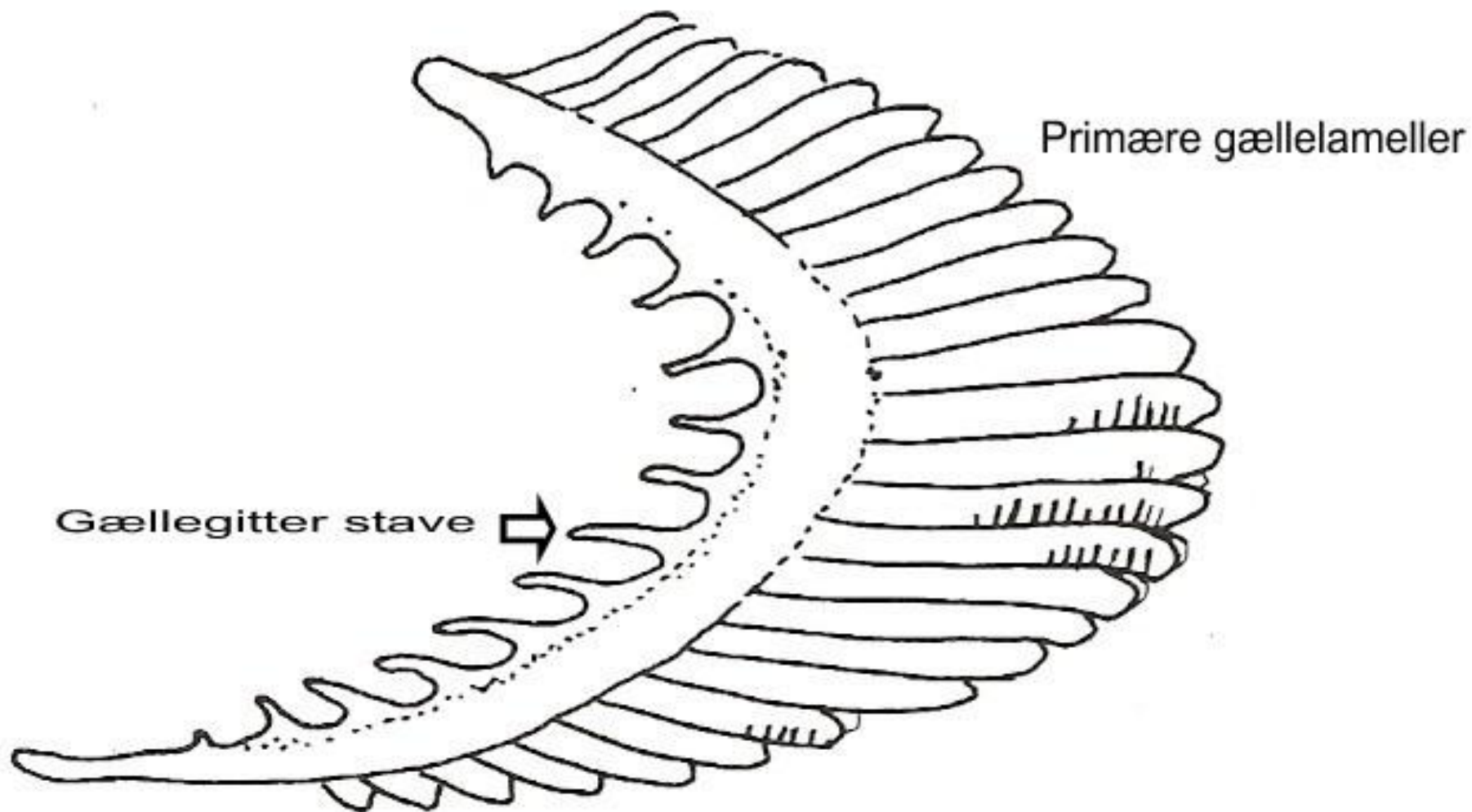
Gællens opbygning

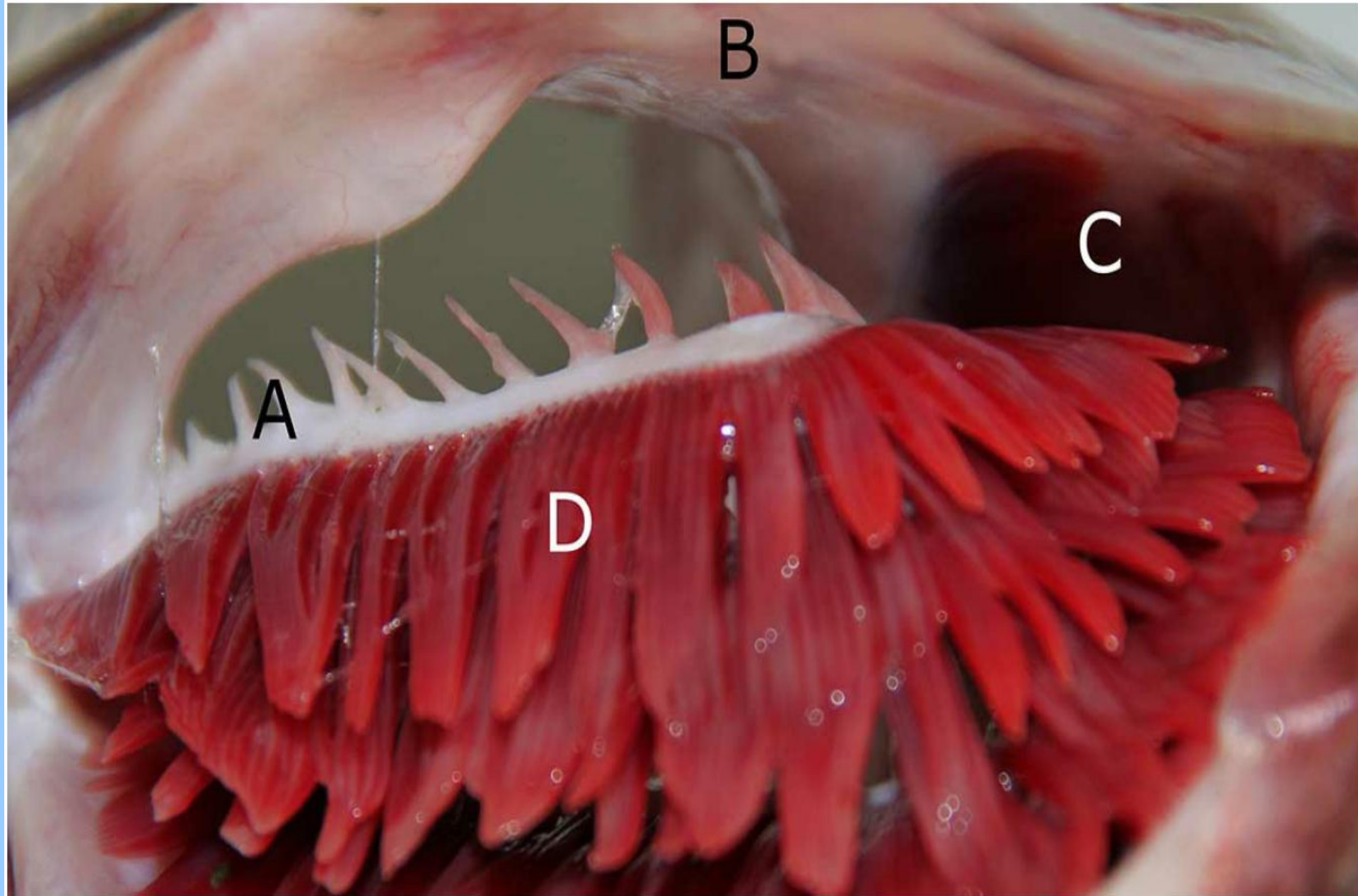


4 par gællebuer

Gællens opbygning

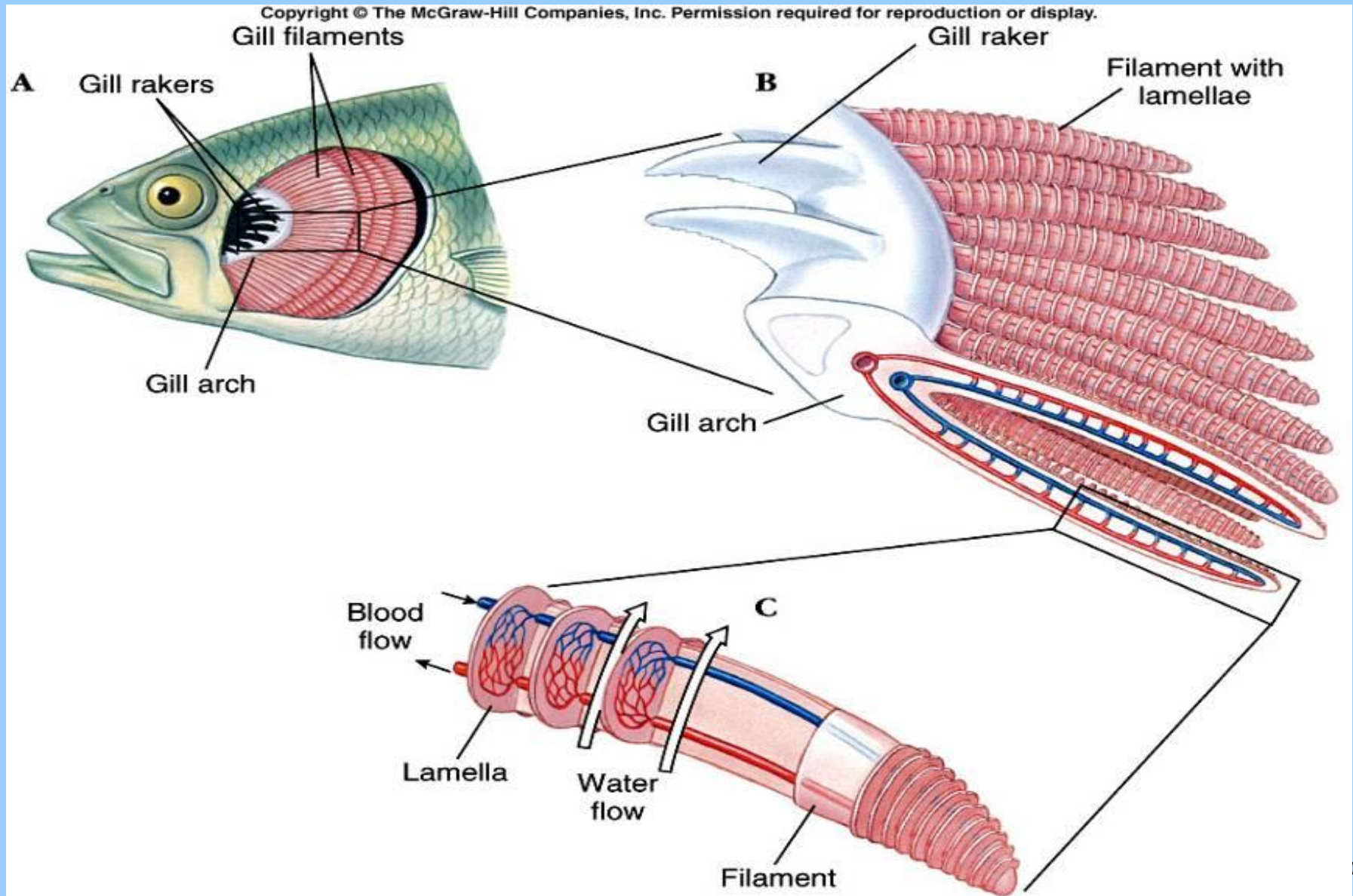
Gællebue



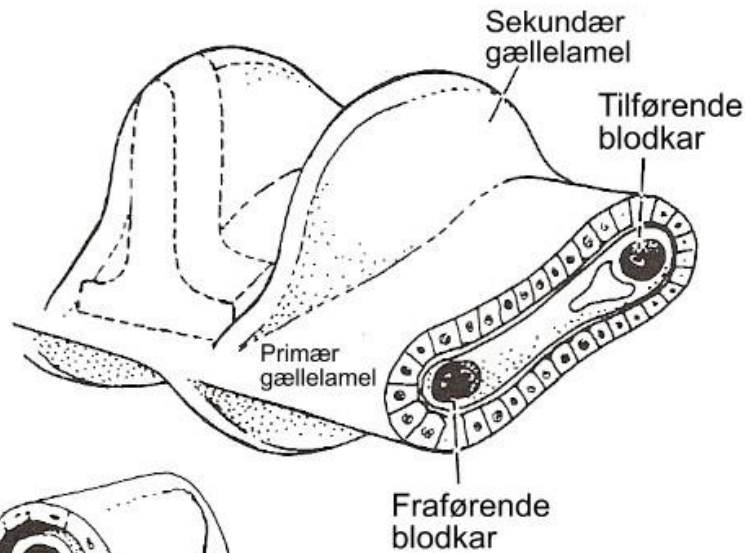


Figur 1.3: Hos regnbueørred er der fire gællebuer (A) med to rækker gælleblade (D) i gællehulen (C), som er afskærmet af gællelåget (B). Der er fire gæller i hver side. Foto: Henrik Rosendahl Kristiansen.

Gællens opbygning



Gællens opbygning



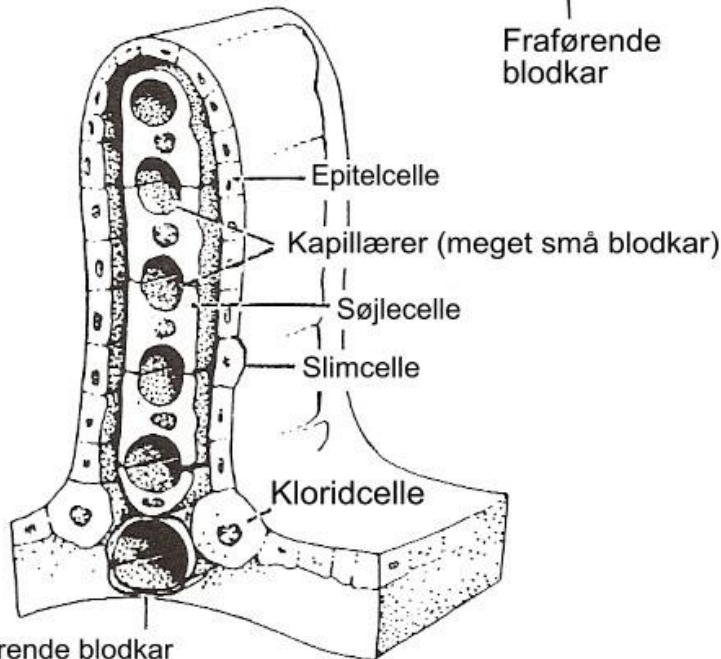
Sekundær lameller:

Søjleceller: Støtteceller for blodkarrene og overfladecellerne:

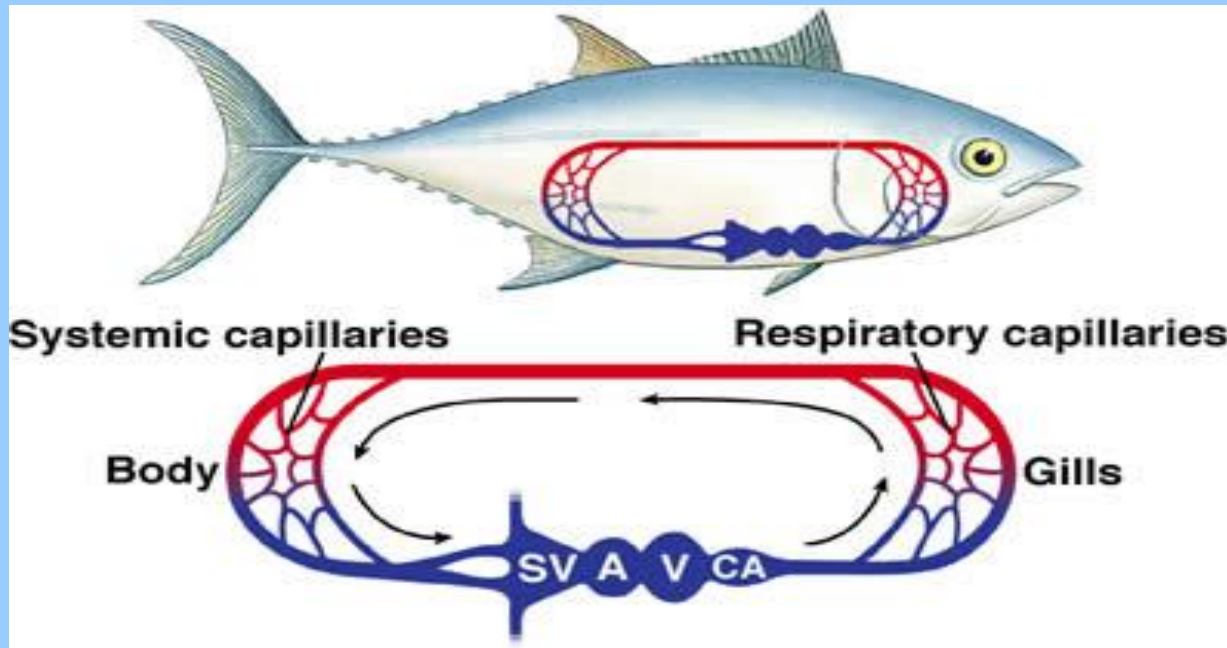
- Epitelceller (Ilt/CO₂-udveksling)
- Slimceller (Slimudskillelse)
- Kloridceller: Saltopt./udskil.)

Hovedfunktion:

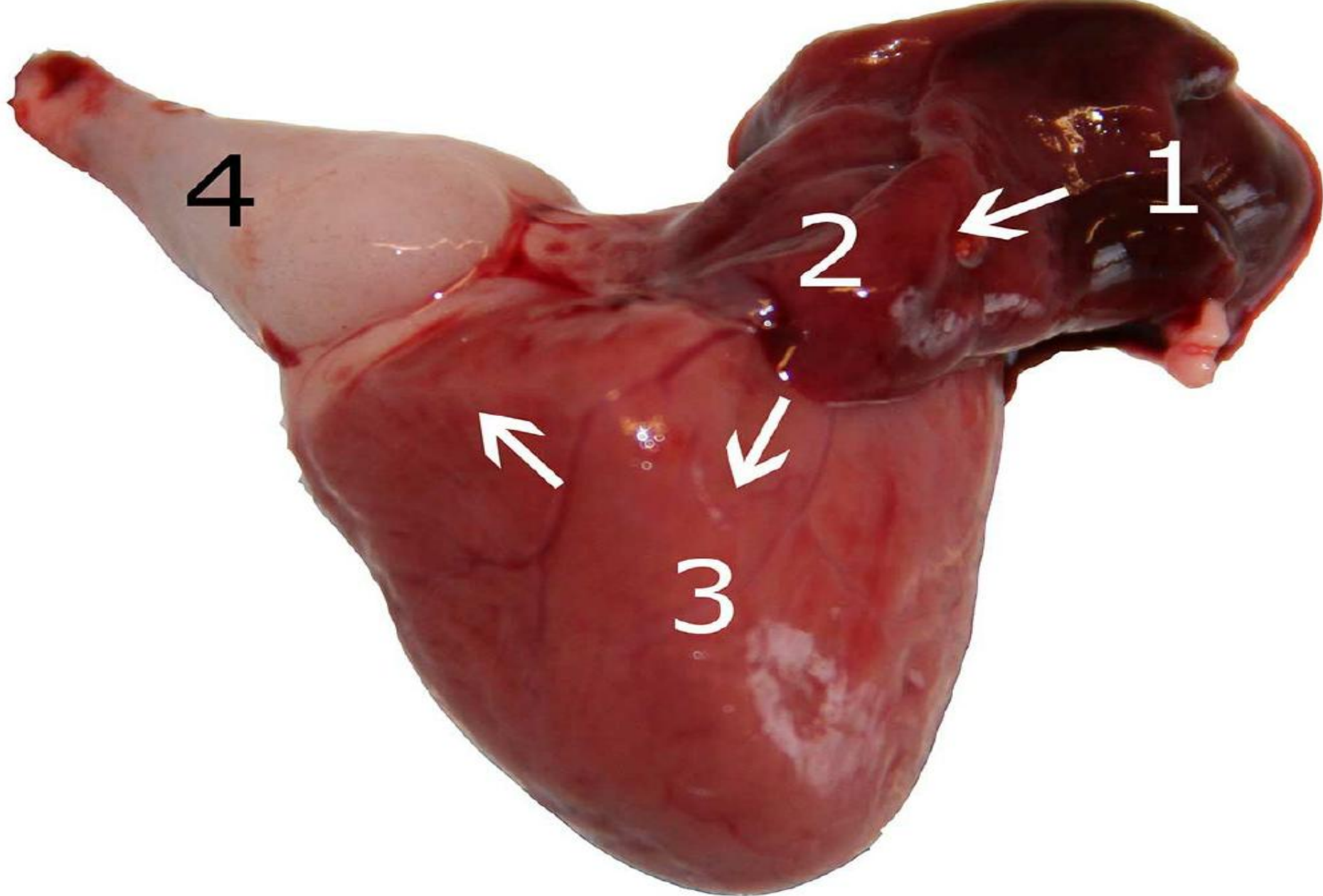
Opnå tættest mulig kontakt mellem blod og vand (0,0005-0,004 mm) samt stor overflade



CIRKULATIONSSYSTEMET

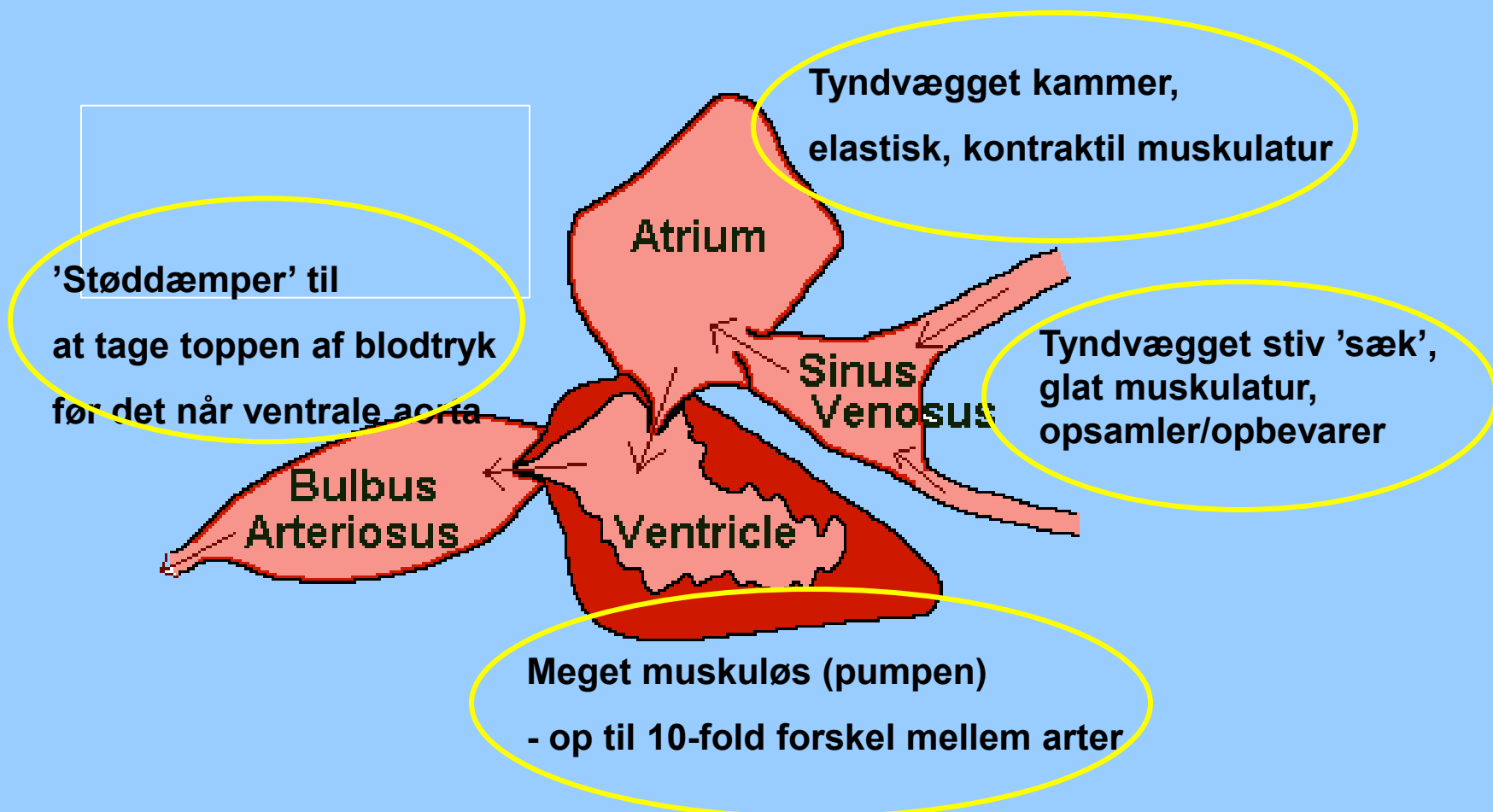


- Et drivende organ – **HJERTET** – tvinger blodet rundt i kroppen
- Et **ARTERIELT** system - distribution af ilt og næringsstoffer
- Et **KAPILLÆRT** netværk - udveksling mellem blod og væv
- Et **VENØST** system - opsamlingsystem (CO_2 og affaldsstoffer)



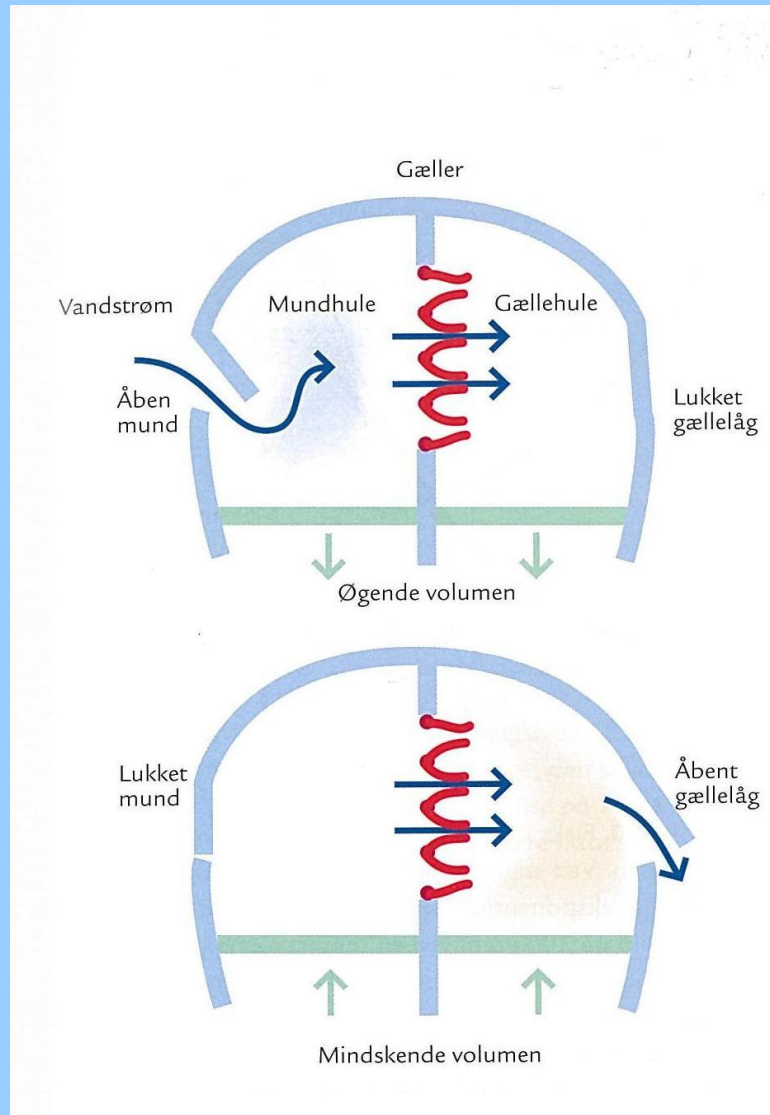
Figur 1.6: Blodets vej gennem hjertet. Først trækker blodåresækken (1) sig sammen. Derefter forkammeret (2) og hjertekammeret (3), hvorefter det afiltede blod drives gennem pulsåresvulsten (4) til gællerne. Foto: Henrik Rosendahl Kristiansen.

HJERTET hos BENFISK



VENTILATION

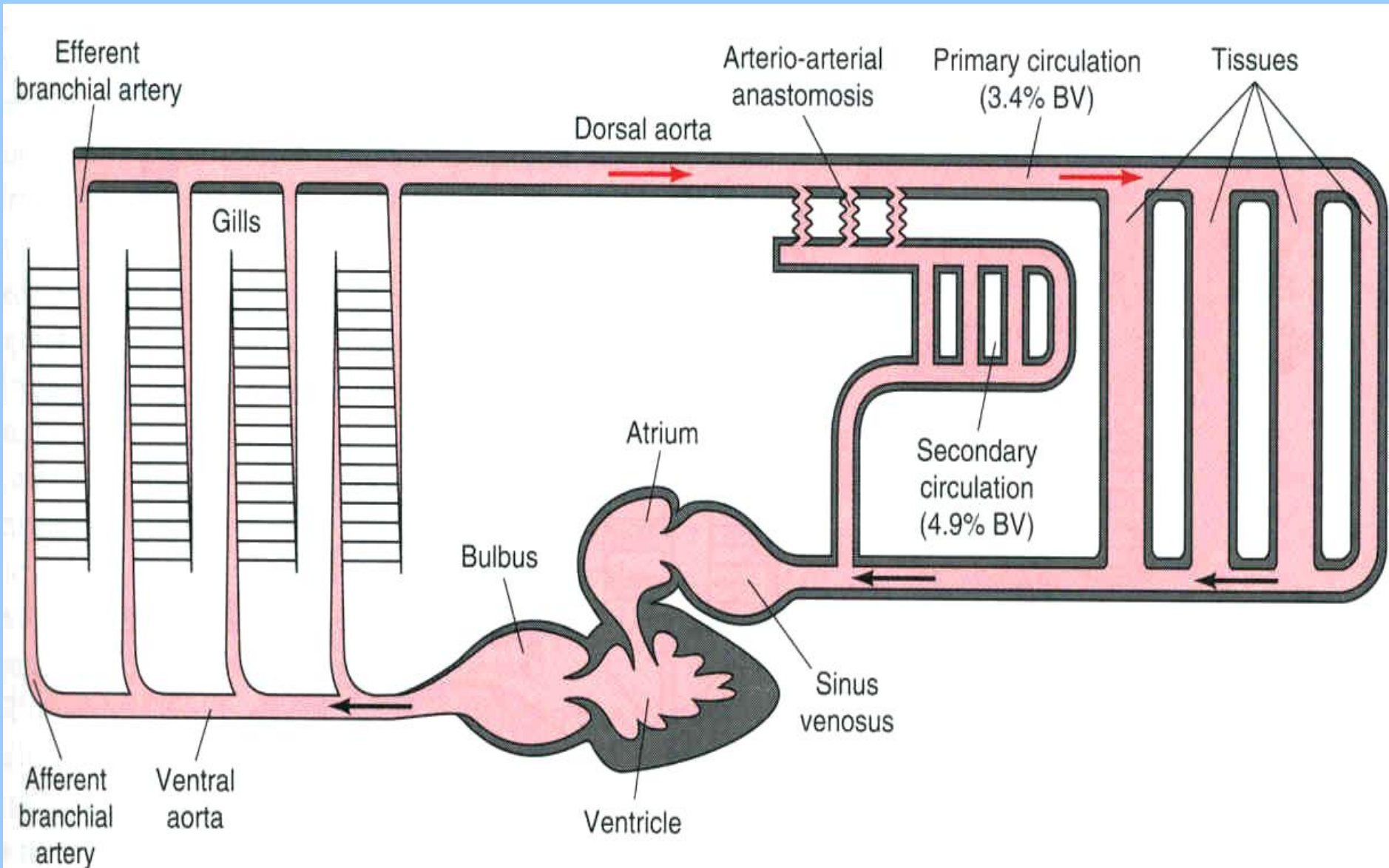
**Pumpe "1":
Mundhulen foran
gællerne**



**Pumpe "2":
Gællelåget bagved
gællerne**

Aktiv ventilering ~ 10% af fiskens totale energiforbrug

Blodkredsløb - Fisk



Gællernes funktion

•Åndedræt

- Optagelse af ilt (O_2) fra vandet
- Afgivelse af kuldioxid (CO_2) til vandet

•Vand- og saltbalance

- Optagelse/udskillelse af salte (Cl^-)

•Syre – base regulering

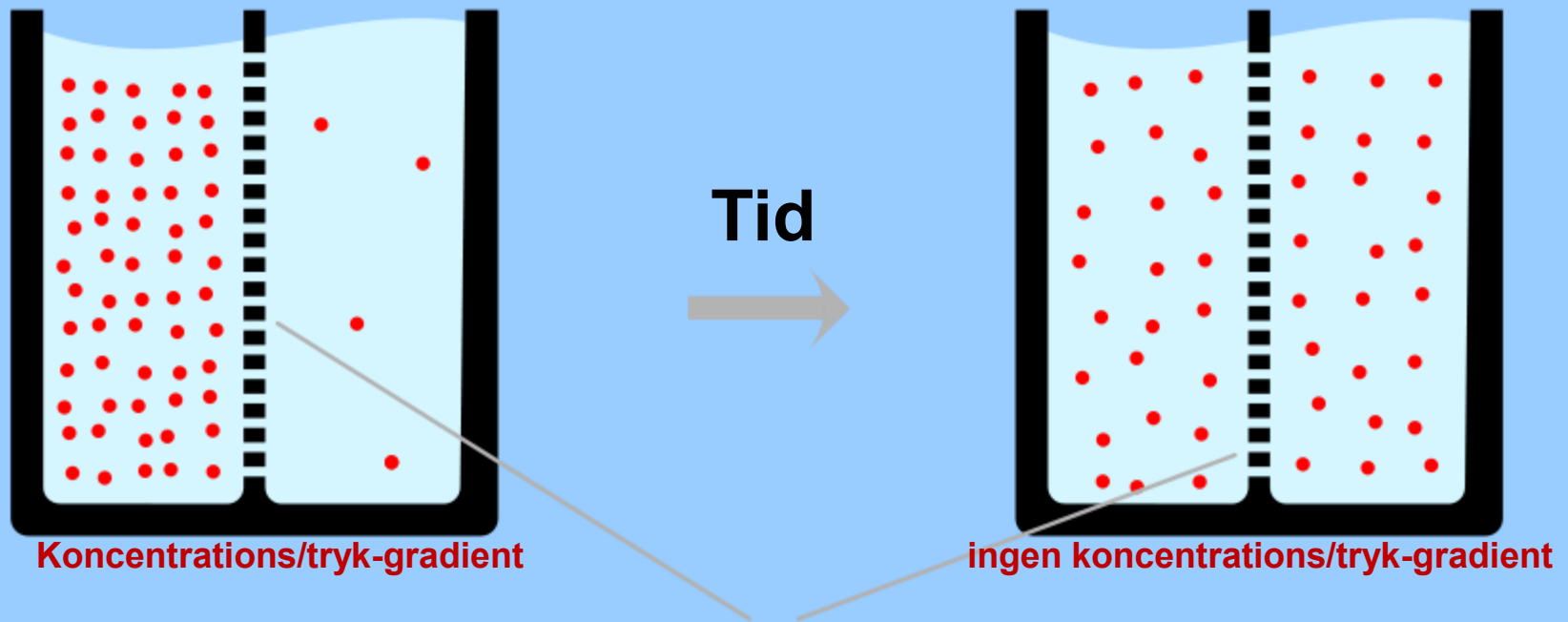
•Udskillelse af affaldsstoffer (NH_3 , NH_4^+)

Ilt-optagelse/CO₂-udskillelse over gællerne



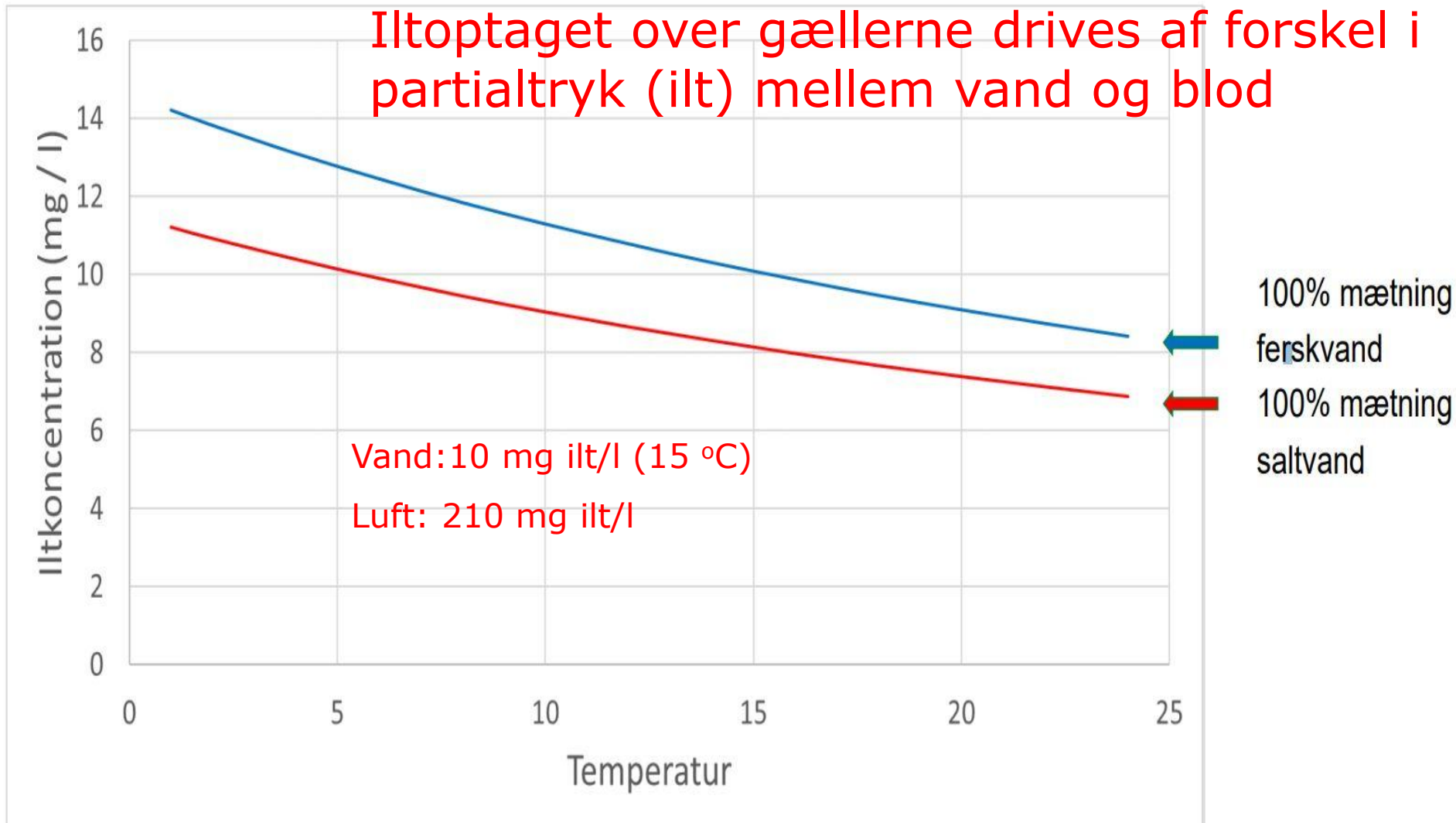
DIFFUSION - *passiv proces* hvor molekyler diffunderer ('driver') fra en højere koncentration/gastryk (det sted hvor der er mange molekyler/højere gastryk) til en lavere koncentration (det sted hvor der er få molekyler/lavere gastryk).

Diffusionshastigheden for ilt i vand er ca.10.000 gange langsommere end i luft



semipermeable membrane

Iltindholdet i vand afhænger af temperatur og saltholdighed

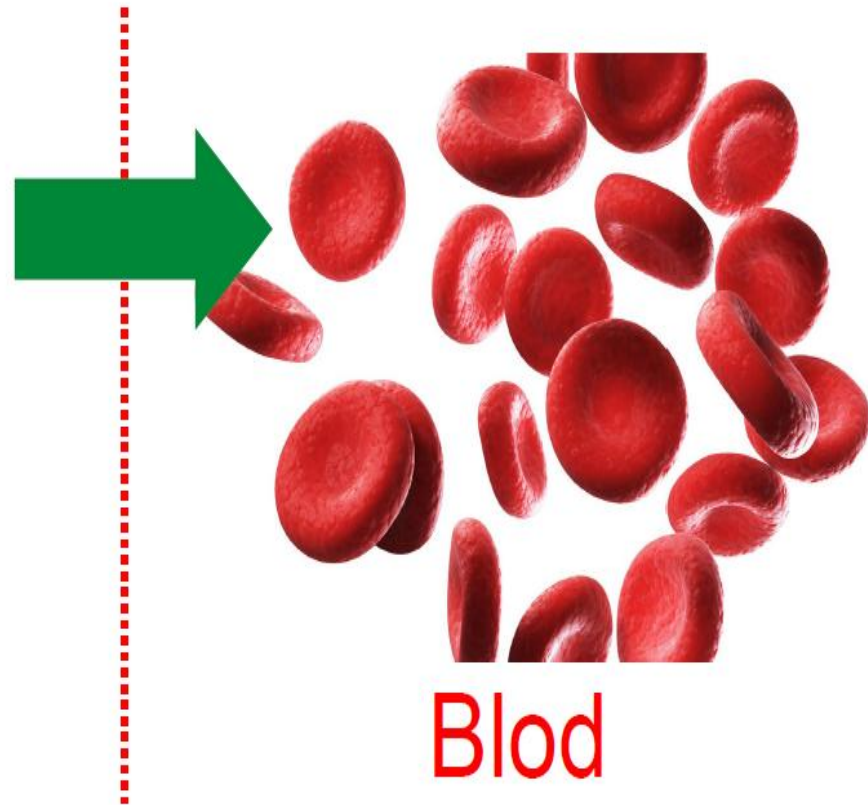


Hvad driver iltoptag over gællerne?

Partialtryk
(eller)
mætningsgrad

~~Koncentration~~

Vand



!!Forskelle i partialtryk mellem vandet og blodet!!

Hvor meget ilt skal en fisk bruge?

Under hvile ved 15 grader bruger en regnbueørred ca. 80 mg O₂ per kg per time

1 ton fisk = 80 gram ilt / time

Under maksimal svømning bruger den ca. 500 mg O₂ per kg per time

1 ton fisk = 500 gram ilt / time

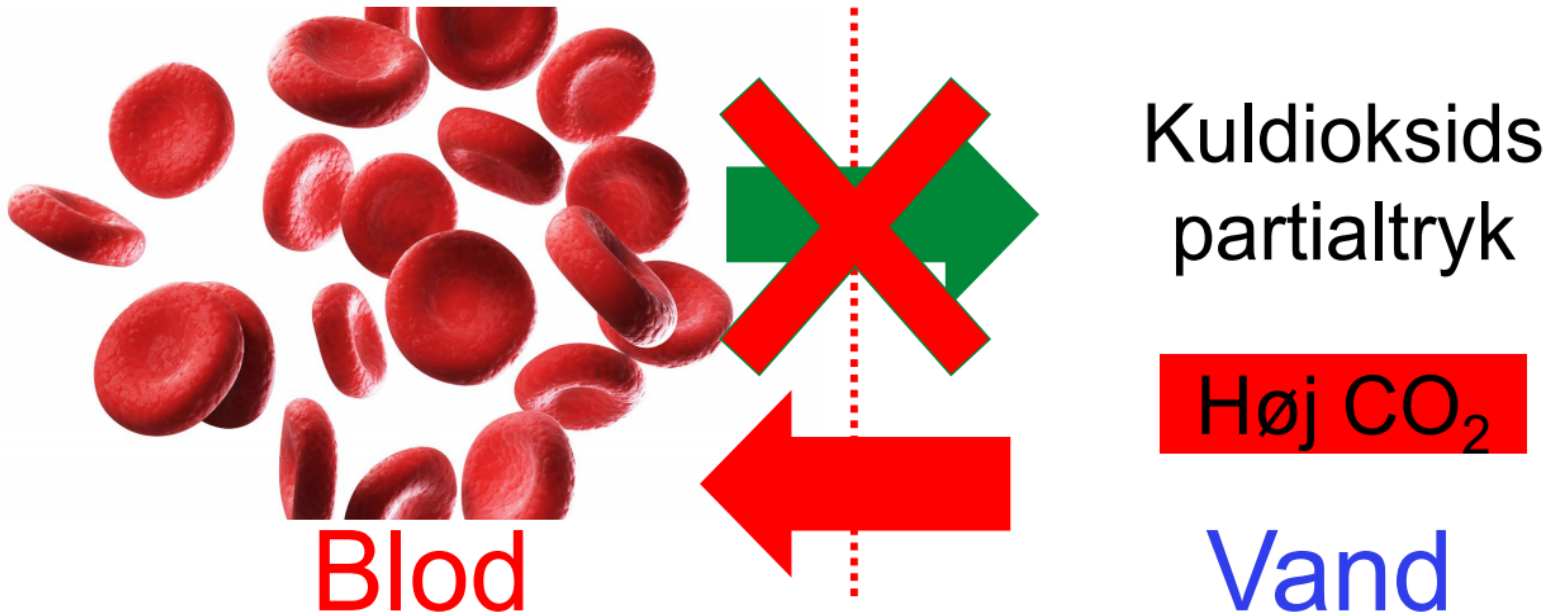
Under fodring bruger den ca. 300 mg O₂ per kg per time

1 ton fisk = 300 gram ilt / time

Tilsvarende
mængde
CO₂

Udskillelse af CO₂

Ligesom optagelsen af ilt er drevet af en trykforskel mellem vandet og blodet, er udskillelsen af CO₂ også drevet af en trykforskel, men i den modsatte retning



!!Forskelle i partialtryk mellem blodet og vandet!!

CO₂ blokerer for de røde blodlegemers optagelse af ilt:

VIGTIGT AT AFGASSE CO₂ FRA VANDET!

Ved afgangning af CO₂ undgår du:



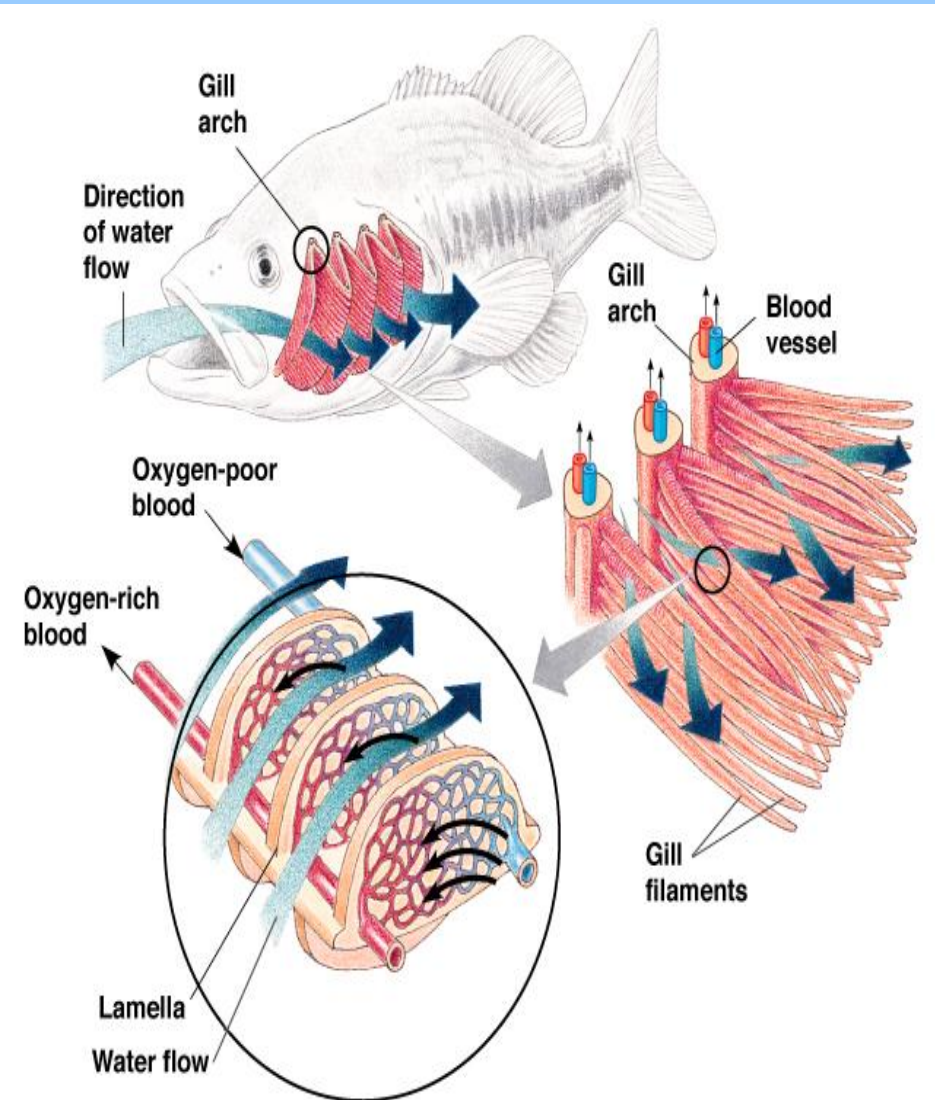
- CO₂ forsuring af blodet
- CO₂ blokerer for binding af O₂ til hæmoglobinet
- Nephrocalcinosis (nyresten) (> 15 mg CO₂/l)
- Øjenskader (katarakter) (> 15 mg CO₂/l)
- Bedøvende effekt (> 30 mg CO₂/l)

VIGTIGT AT AFGASSE CO₂ FRA VANDET!



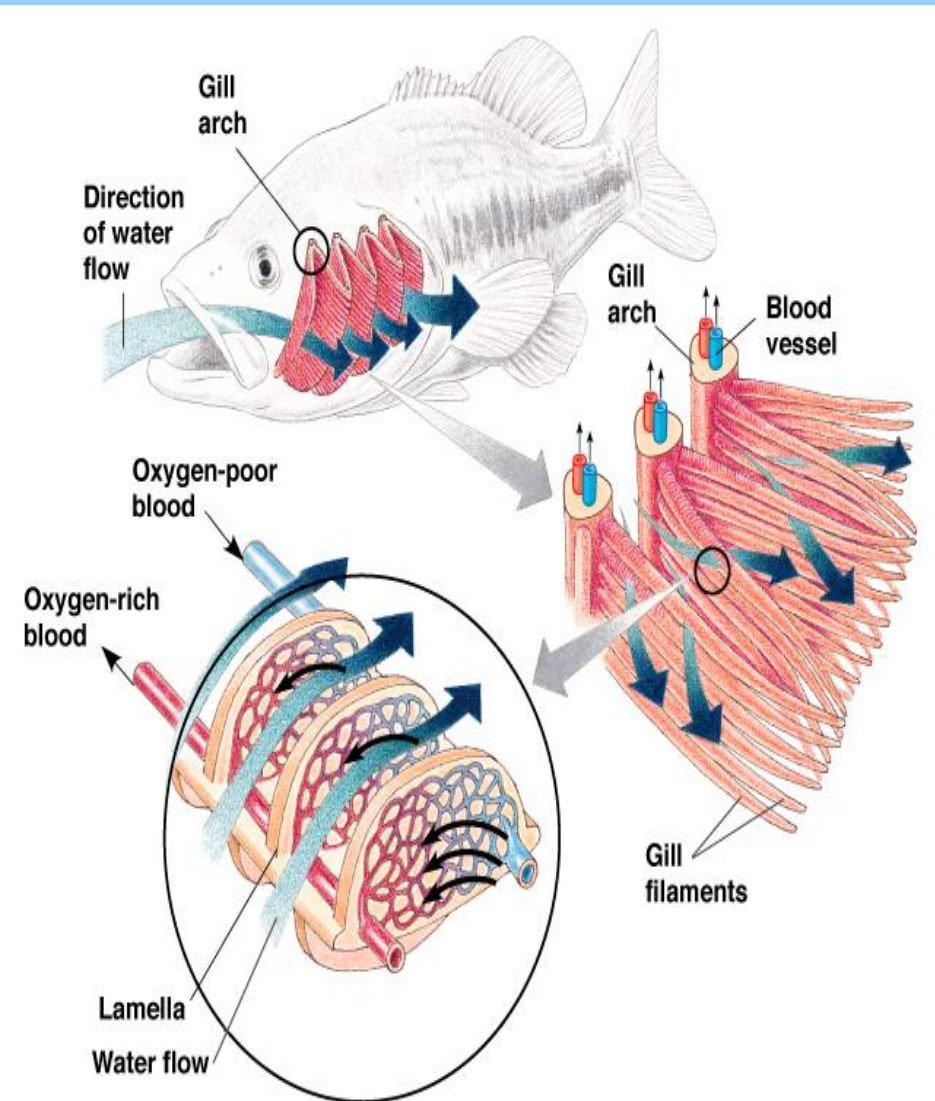
- Ammoniak er mere giftigt ved høj pH (basisk) end ved lav pH
- Ved høj pH > 7,5) vil en større del af indholdet af ammonium i vandet blive omdannet til ammoniak
- **Høj pH i fisketankene: Ekstra opmærksom på tilstedeværelsen af ammoniak.**

Syre- base regulering



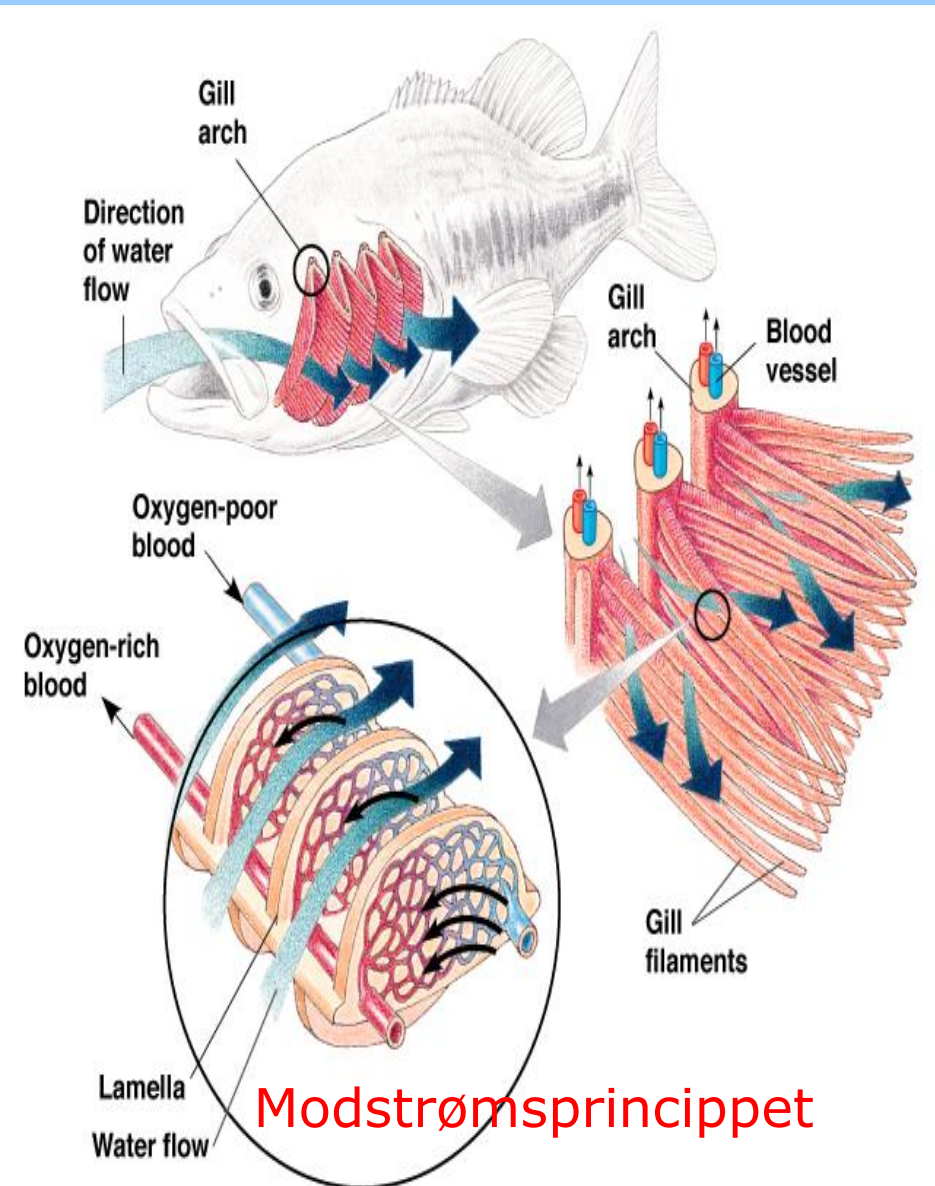
- $\text{CO}_2 / \text{HCO}_3^-$ udskilles via gæller

Udskillelse af affaldsstoffer



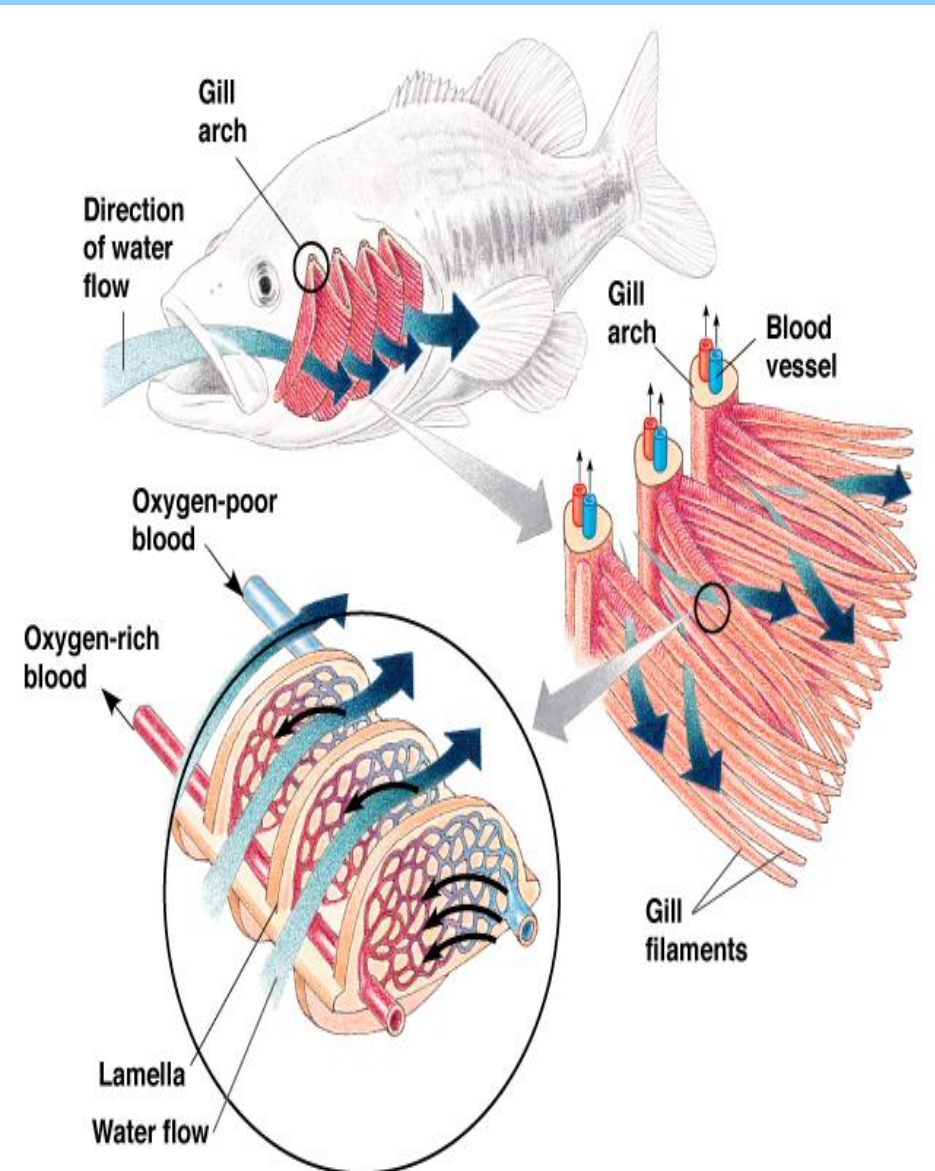
- Restprodukter fra proteinomsætningen udskilles bl.a. via gællerne i form af NH_3 / NH_4^+

Iltoptagelse



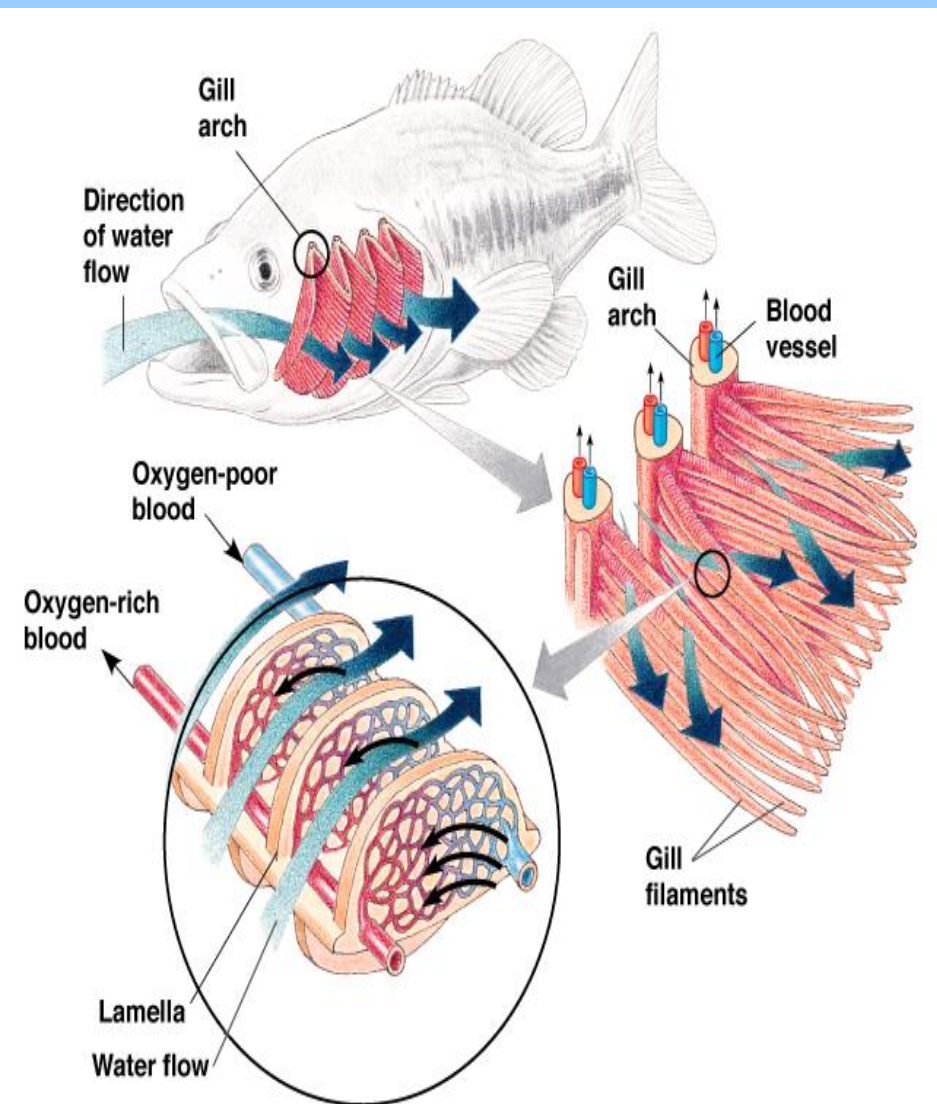
- **Modstrømsprincippet ("varmeveksler")**
- **Passiv diffusion over gælleoverflade/drevet af forskel i gastryk (O_2/CO_2)**
- **Ilten transporteres i blodet bundet til hæmoglobin**

Strategi ved øget iltbehov



- Øge vand gennemstrømningen gennem gællerne (gællevantilering)
- Øge mængden af blod gennem gællerne (hjerterytme)

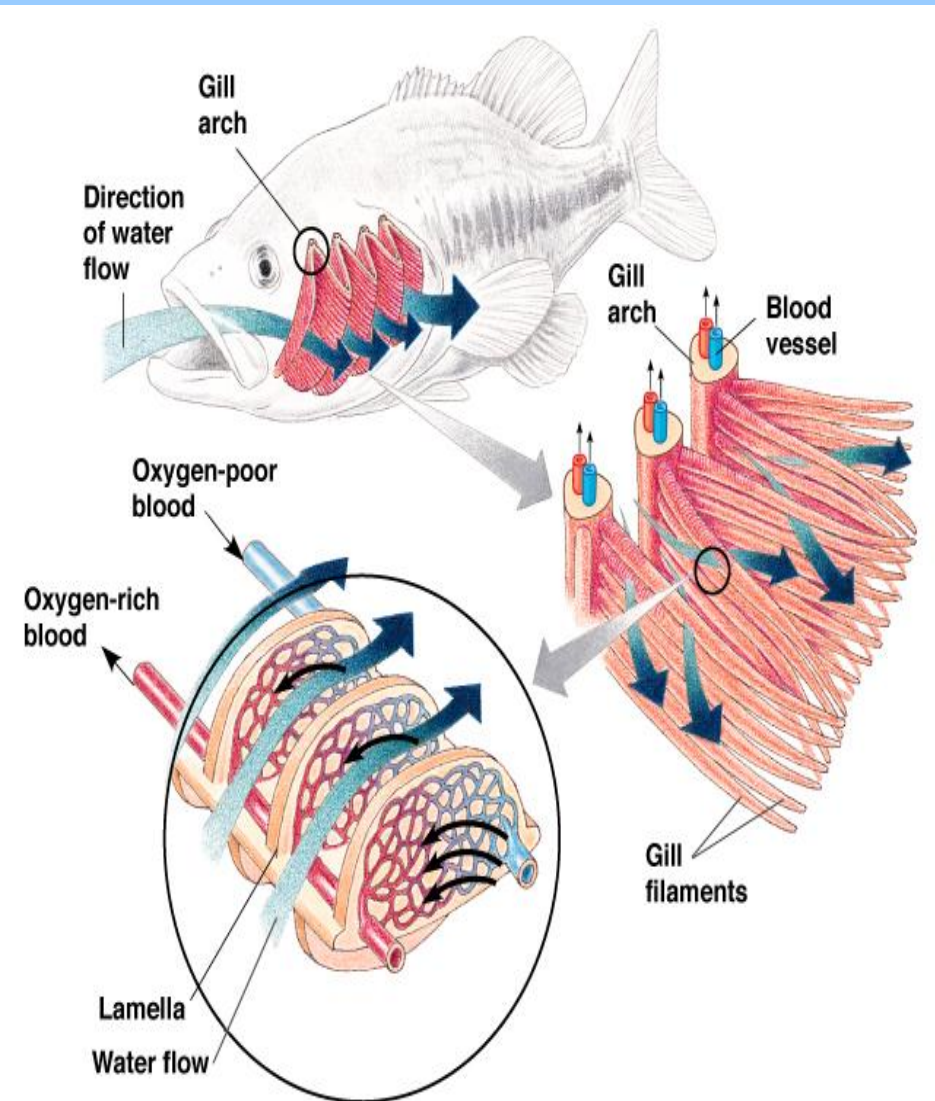
Ydre påvirkning af gæller



- Støv fra foder
- Organisk materiale
- Ætsende stoffer (f. eks. blåsten)
- Dårlig vandkvalitet
- Lav vandudskiftning
- Parasitter, bakterier

=> Gællernes forsvar: Øget afstand mellem vand og blod

Gællernes reaktion på ydre påvirkning



- **Hypertrofi (cellerne bliver tykkere)**
- **Hyperplasi (der dannes flere celler oven på hinanden)**
- **Slimudskillelse (ødem/ væskeansamling)**

Ferskvand Saltvand



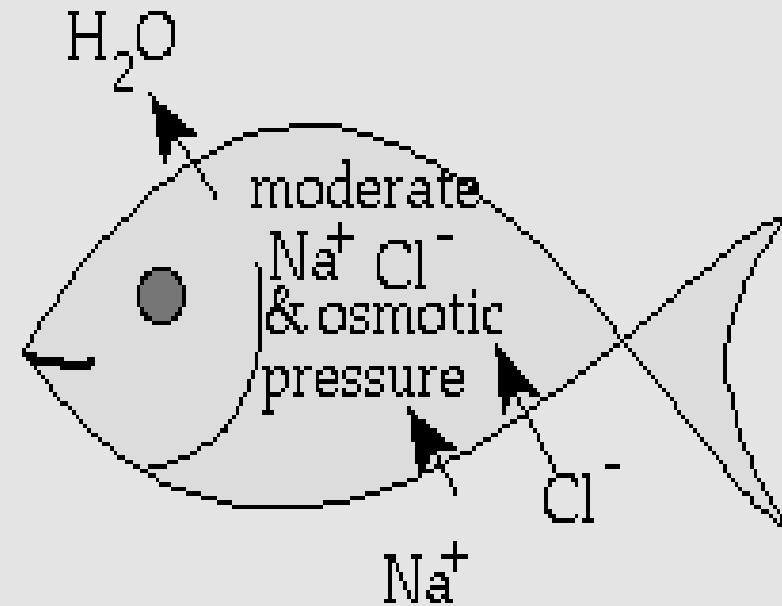
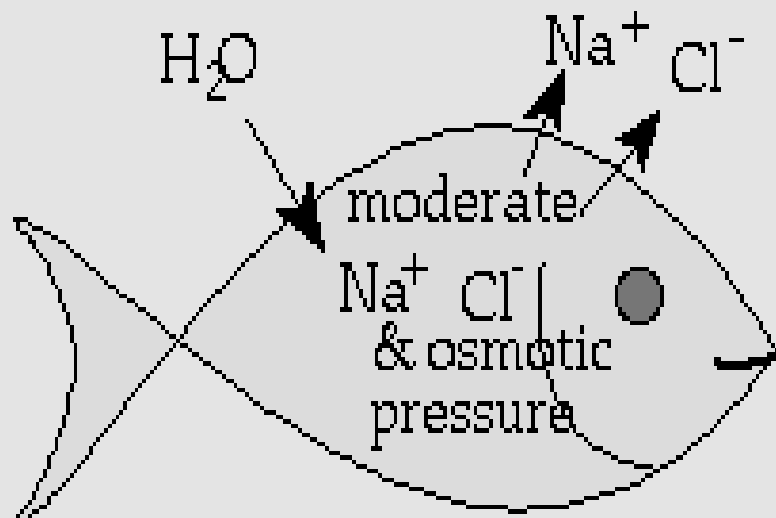
Vand-/salt balance

Ferskvand

Saltvand

FRESHWATER

SALTWATER



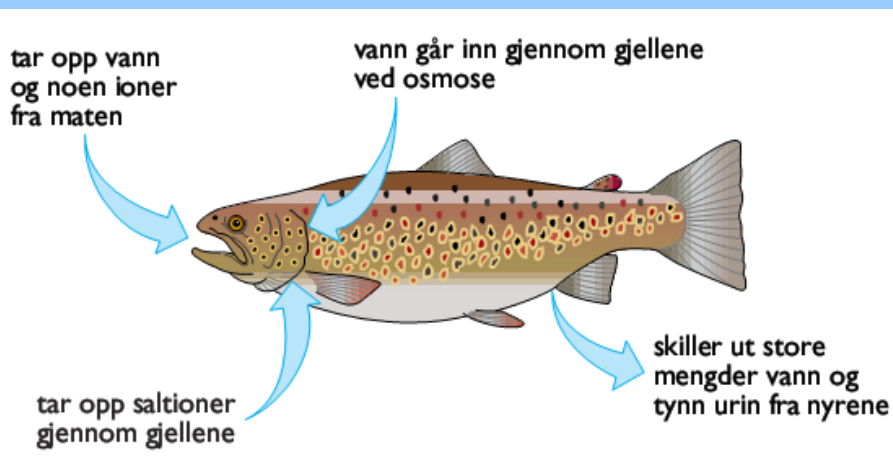
very low Na^+ and Cl^-
concentration

very high Na^+ and Cl^- concentration

very low osmotic pressure
low Mg^{++} low SO_4^-

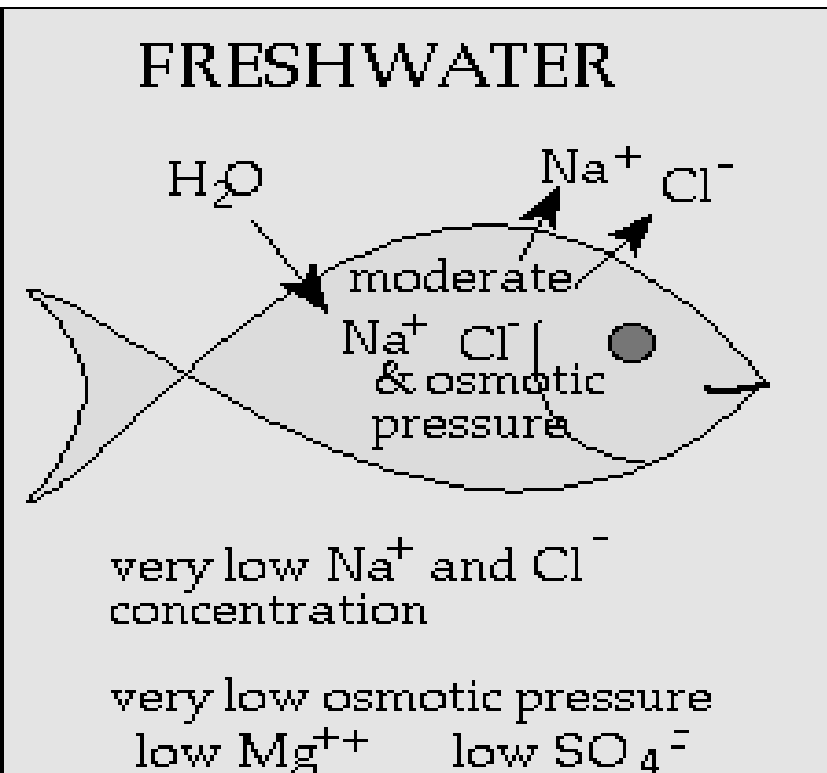
very high osmotic pressure
high Mg^{++} high SO_4^-

Vand-/salt balance Ferskvand



**9 ‰ salte inde i fisken –
0 ‰ i vandet =>**

- Vand strømmer ind via gællerne
- Salte tabes via gællerne
- Overskud af vand udskilles via nyrerne
- Yderligere salt tab via urin
=> Kompensere salt tabet gennem aktiv optagelse af salte via gæller (kloridceller) samt fra føden



Gællens opbygning



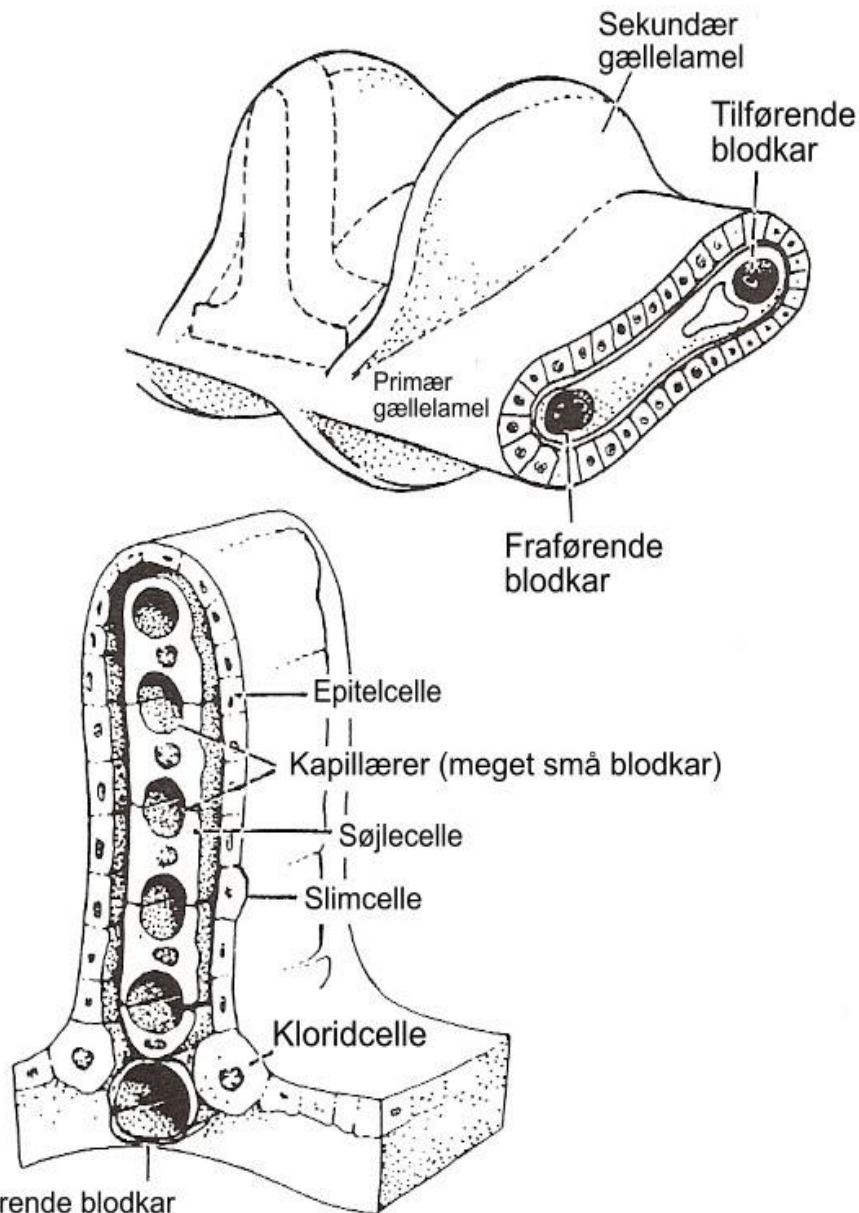
Sekundær lameller:

Søjleceller: Støtteceller for blodkarrene og overfladecellerne:

- Epitelceller (Ilt/CO₂-udveksling)
- Slimceller (Slimudskillelse)
- Kloridceller: Saltopt./udskil.)

Hovedfunktion:

Opnå tættest mulig kontakt mellem blod og vand (0,0005-0,004 mm) samt stor overflade



Vand-/salt balance

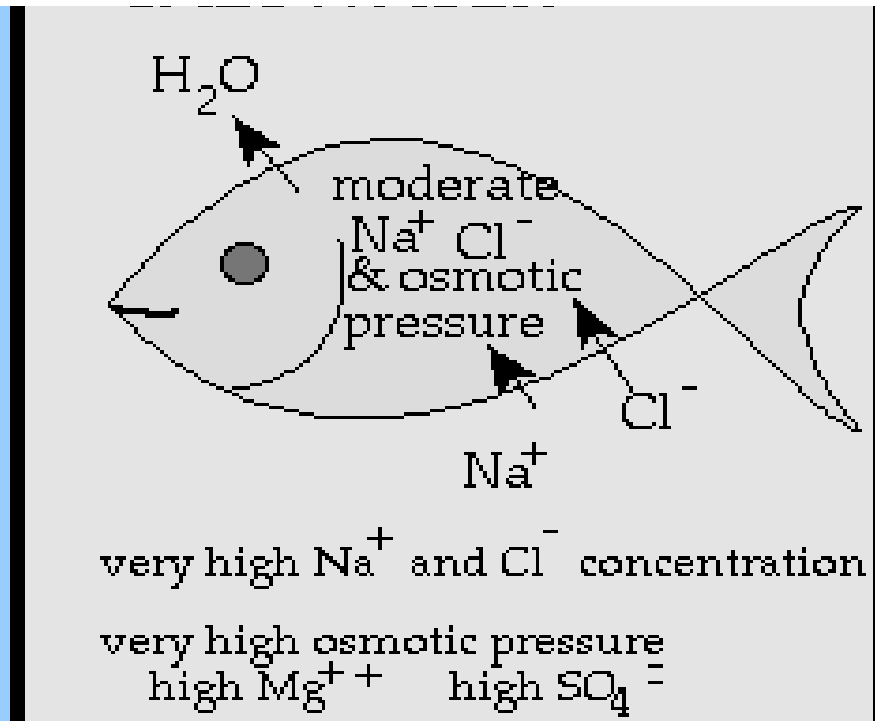
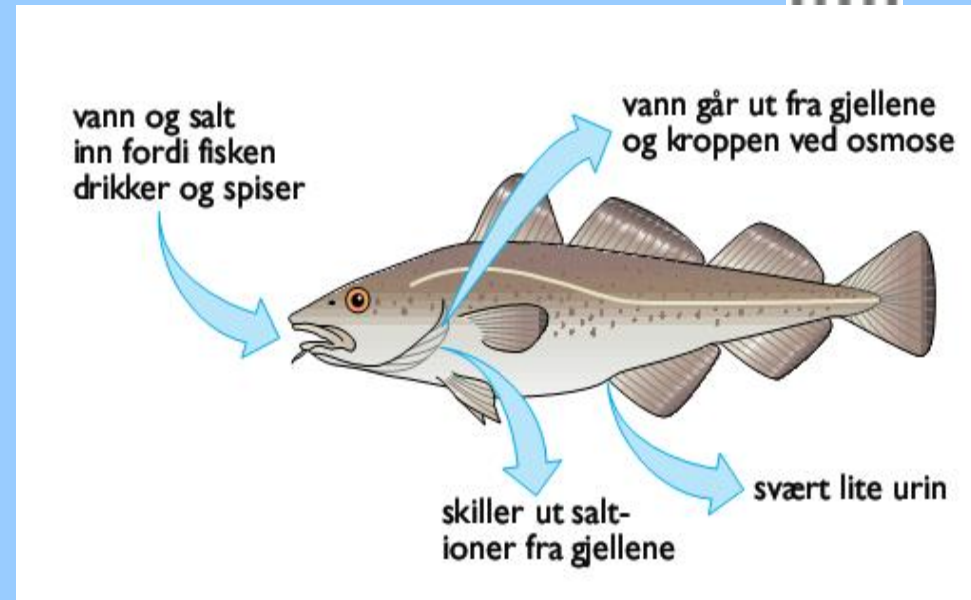
Saltvand

9 ‰ salte inde i fisken –

10 - 33 ‰ i vandet =>

- Vand strømmer ud især via gællerne
- Kompenseres ved at drikke (salt)vand

=> Eliminere salt overskudet gennem aktiv udskillelse af salte (Na^+ , Cl^-) via gællernes kloridceller samt Mg^{++} og SO_4^- i urin



Kloridceller

Kloridceller = sorte pletter



Tilsætning af **rent salt (3-9 ‰)** til transportvandet kan virke afstressende på fiskene (**godt opløst**)

A photograph of a sunset over a field. The sky is filled with soft, wispy clouds, transitioning from a deep blue at the top to a vibrant orange and yellow near the horizon. The sun is partially obscured by the horizon line, creating a bright glow. The foreground is a dark, silhouetted field of tall grasses. The text 'TAK FOR OPMÆRKSOMHEDEN' is overlaid in white, bold, sans-serif font at the bottom center of the image.

TAK FOR OPMÆRKSOMHEDEN