

Bionica voor de jachtbouw



Leren van de natuur

J.J. Videler
Heerenveen, 19 april 2011

Krachten spel op een schip



Schepen hebben een stabiele positie van opdrijf en zwaartepunt.
Dieren vaak niet!

Bewegen in water wekt weerstand op:

Oorzaken:

Wrijving tussen waterdeeltjes met verschillende snelheden
Traagheid van in beweging gebrachte watermassa's

De meeste schepen varen op en niet onder het wateroppervlak!

Dieren zwemmen vrijwel uitsluitend onder water!



Gevangen tussen boeggolf en hekgolf

Rompsnelheid

Rompsnelheid



Maximale vaarsnelheid aan het oppervlak

$$V_r = 0,45 \sqrt{g L_w}$$

V_r = de rompsnelheid (m s^{-1})

g = versnelling van de zwaartekracht (9.82 m s^{-2})

L_w = lengte op de waterlijn (m)

0,45 = het maximale dimensieloze Froude getal

Rekenvoorbeeld:

$$L_w = 10 \text{ m}$$

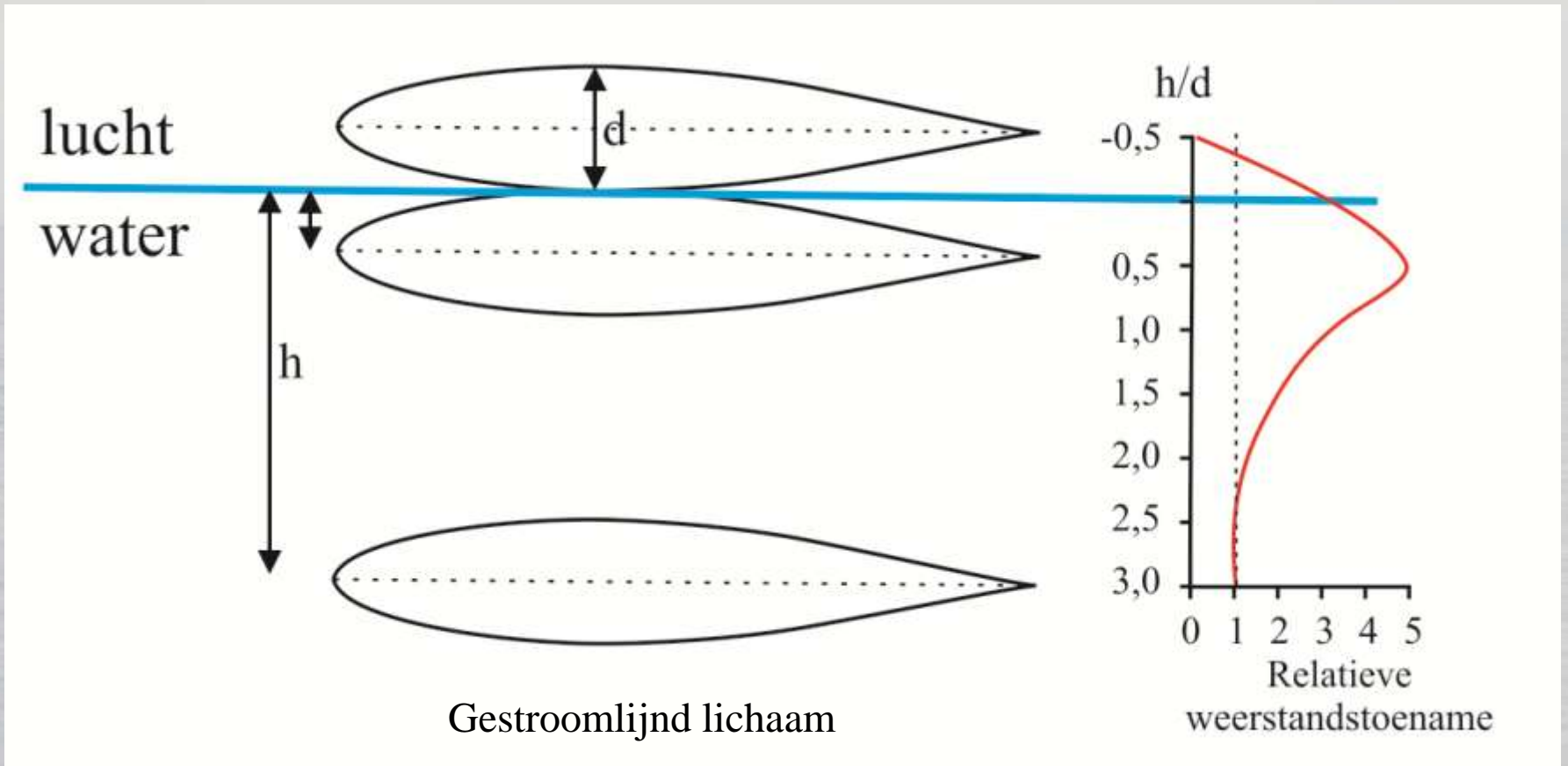
$$\text{Rompsnelheid} = 4,5 \text{ m s}^{-1} = 8,7 \text{ knopen}$$

$$L_w = 20 \text{ m}$$

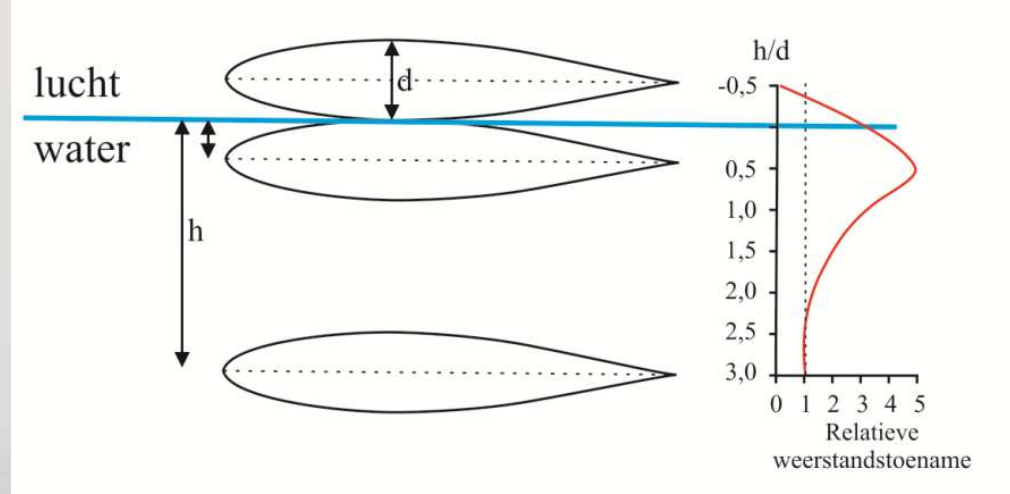
$$\text{Rompsnelheid} = 6,3 \text{ m s}^{-1} = 12,3 \text{ knopen}$$

Golfweerstand

Oorzaak: water wordt opgetild



De weerstand vlak onder de waterspiegel is 5 maal zo hoog als op een diepte van 3 x de diameter (Hertel, 1966)



Wat kunnen we er tegen doen?

Bulbsteven: verlaagt de boeggolf

Planeren: boven water varen



Aan het oppervlak!

Spatweerstand

Oorzaak: water wordt omhoog gegooid

Een ronde boeg is prima onder water maar spat meer aan het oppervlak
Een scherpe boeg spat minder.



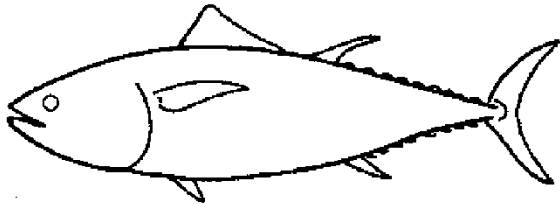
Onder water: Vorm of drukweerstand

Een naald geeft de minste weerstand maar heeft een kleine inhoud

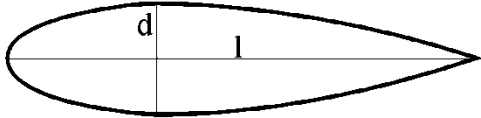
Een bol de grootste inhoud en hoogste vormweerstand

Een gestroomlijnd lichaam is een kruising tussen naald en bol

Gestroomlijnd lichaam



Gestroomlijnd lichaam: grootste dikte d op $0.3 l$



Grootste inhoud met minste weerstand: $d/l = 0.24$



d/l waarden bij dieren:

Pinguin 0.26

Tonijn 0.28

Witte haai 0.26

Tuimelaar 0.25

Paling 0.05

Kabeljauw 0.16

Vorm of drukweerstand

Oorzaak: water wordt weggedrukt

Evenredig met:

De dichtheid van het water (ρ)

De snelheid in het kwadraat (V^2)

Het natte oppervlak (A_n)

Een coëfficiënt die de verhouding aangeeft met een frontaal aangestroomde vlakke plaat (C_w)

$$\frac{1}{2} \rho V^2 A_n C_w$$

Merk op: $\frac{1}{2} \rho V^2$ is de kinetische energie ($\frac{1}{2} m V^2$) per eenheid massa m

Wrijvingsweerstand

Oorzaak:

Wrijving tussen waterdeeltjes met verschillende snelheden

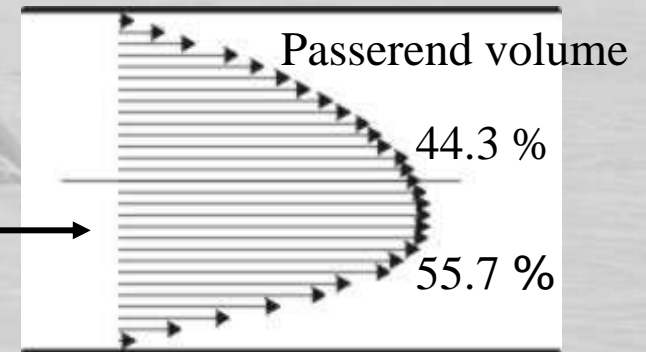
Bij een lage snelheid is de stroming laminair

Een directe vergelijking tussen een ruwe (0.1 mm) en een gladde wand

Stromingsprofiel

Maximum snelheid $\pm 0.5 \text{ ms}^{-1}$

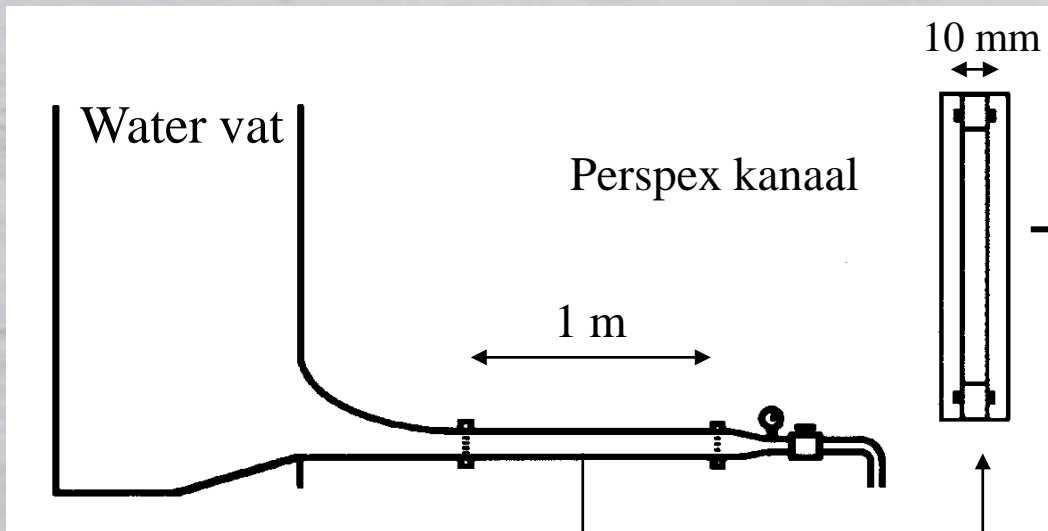
Gladde wand



Ruwe wand

Wrijvingsweerstand

$$\tau_{\text{ruw}} = 170 \% \tau_{\text{glad}}$$



De laag waarin de snelheid toeneemt (de grenslaag) is dikker aan de gladde kant, maar aan die kant passeert minder water.

Wrijvingsweerstand

De dikte van de grenslaag hangt af van:

de stroomsnelheid: hoog dun, laag dik

de dichtheid van het water: laag dik, hoog dun

de viscositeit van het water: laag dun, hoog dik

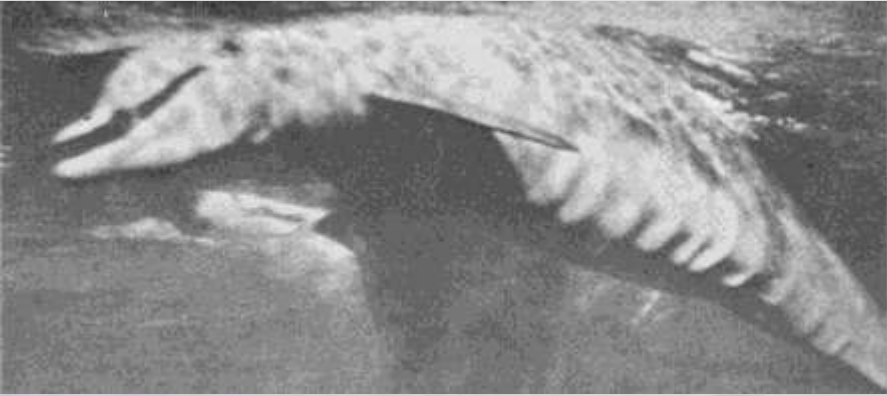
de manier waarop het water stroomt: laminair dik, turbulent dun

de structuur van de wand: ruw of superglad en waterafstotend, dun

Bij schepen is de grenslaag turbulent!

Wat kunnen we leren van de wandstructuren van dieren?

Dolfijnenhuid plooit bij hoge snelheden! Is de weerstand daardoor groter of kleiner

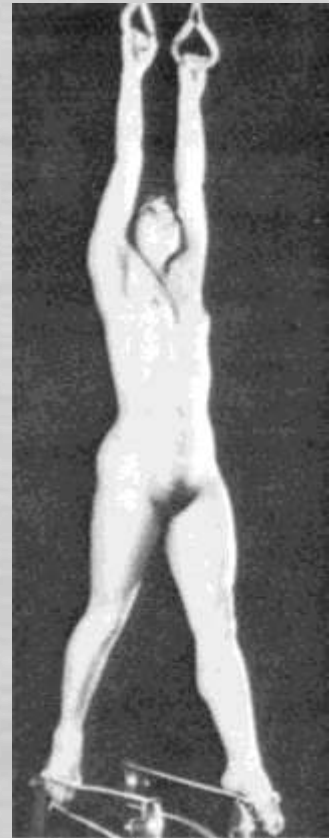


Kramer (1960): vindt weerstandsvermindering van 59% bij een gesleepte torpedo met nagebouwde losse plooiende dolfijnshuid.
Maar, niemand doet het hem na!

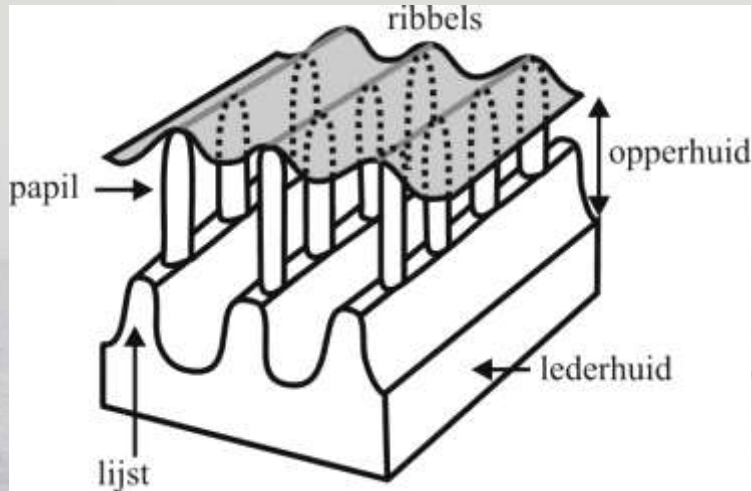


Aleyef (1977): sleept dames van het USSR Olympisch team met hoge snelheid door het water: ze vertonen plooiën.
Het effect is passief en verhoogt de weerstand, die kan worden verlaagd met een strak pak.

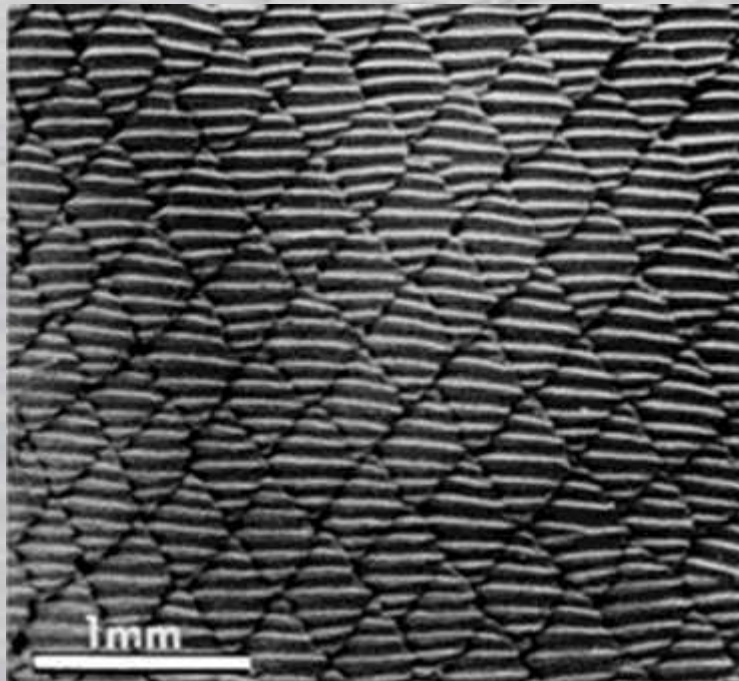
Oefeningen aan de ringen laten zien
De plooiën niet ontstaan door
zwembewegingen



**De huid van dolfijnen en walvissen vertoont fijne ribbels
Die zouden mogelijk de weerstand wel kunnen verminderen**



Dat is nog niet onderzocht

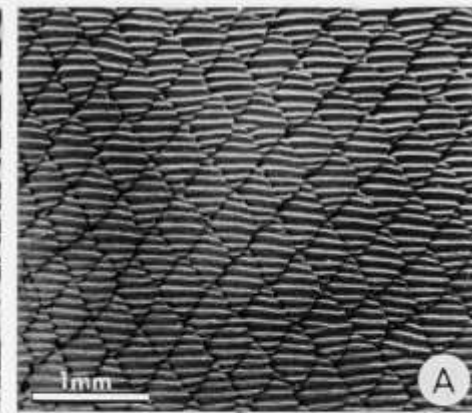
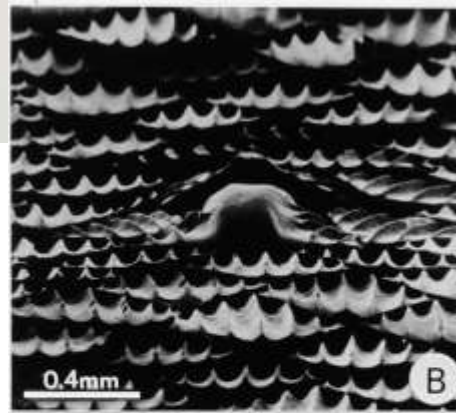
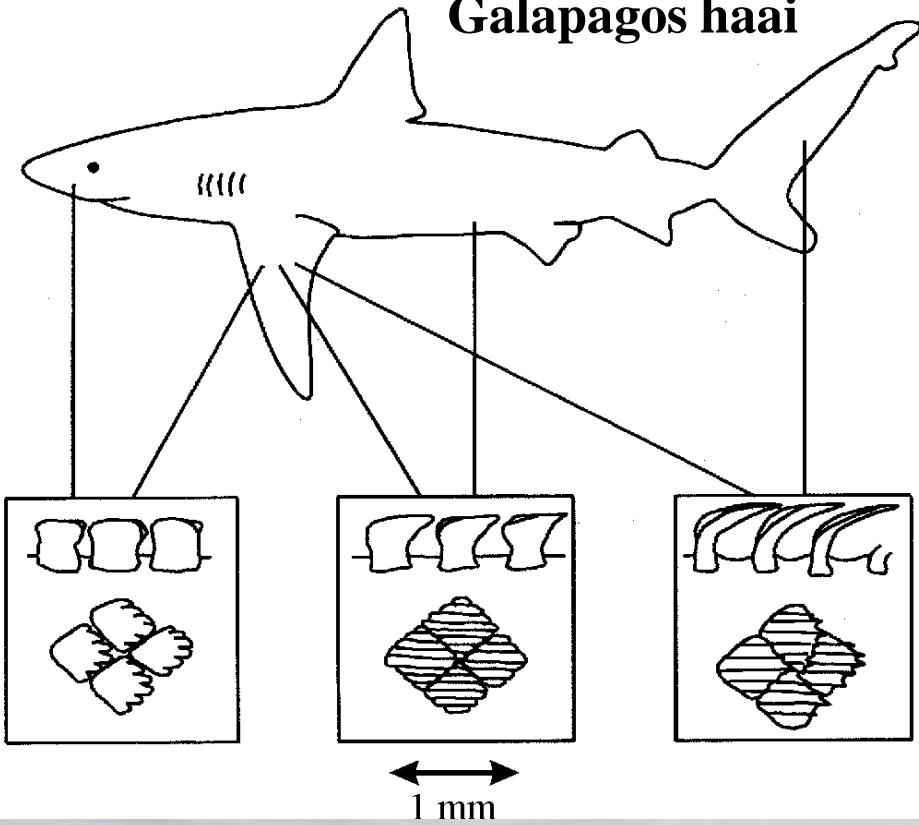


**Het effect van ribbels
op haaienschubben wel!**

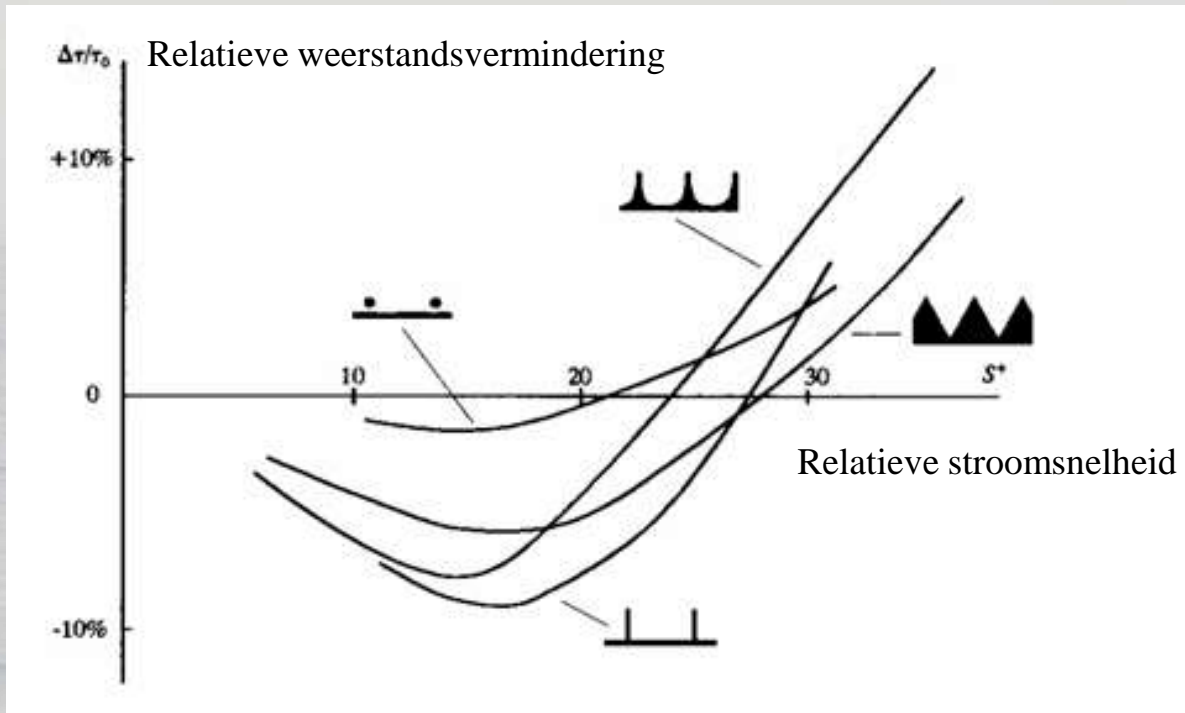
Weerstandsvmindering door ribbels?

2.55 m

Galapagos haai



Metingen aan verschillende ribbelstructuren (Bechert et al. 1986)



Besparing maximaal 10% wanneer aan alle randvoorwaarden is voldaan:
Speedo zwempakken werken niet!

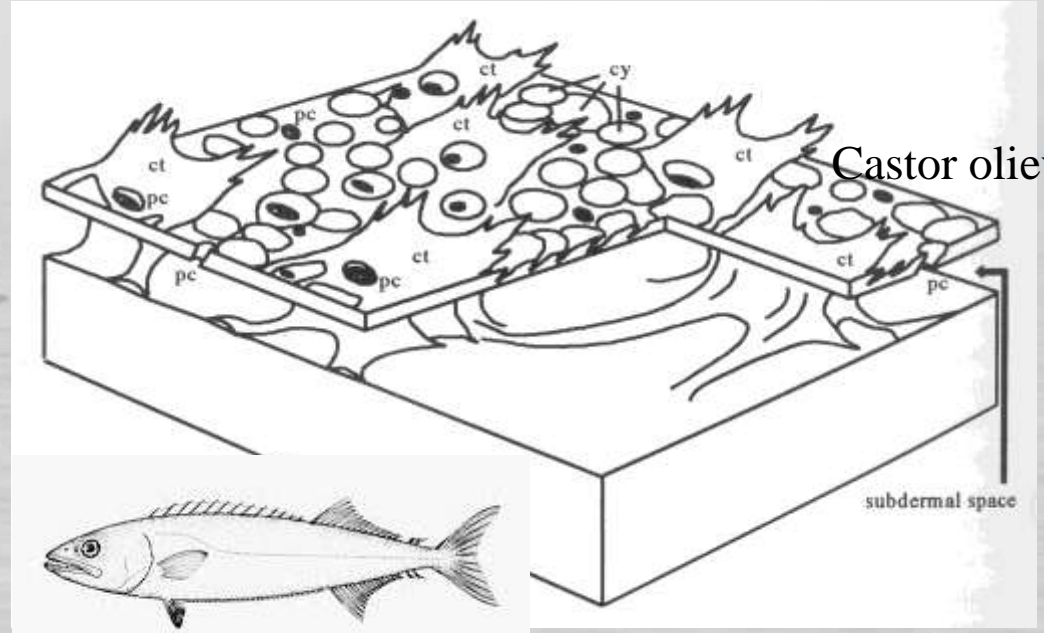


Het effect van holtes onder de schubben van snelle zwemmers is niet onderzocht

Haai



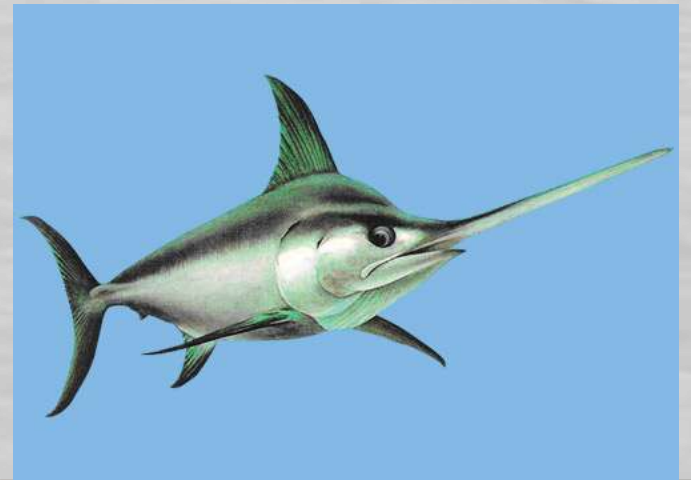
Castor olievis



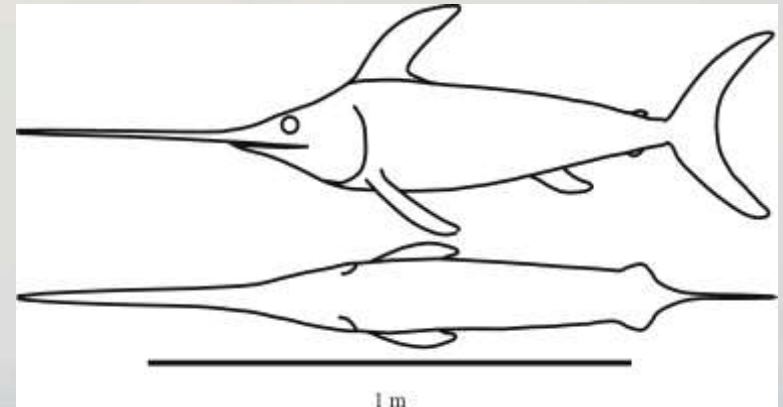
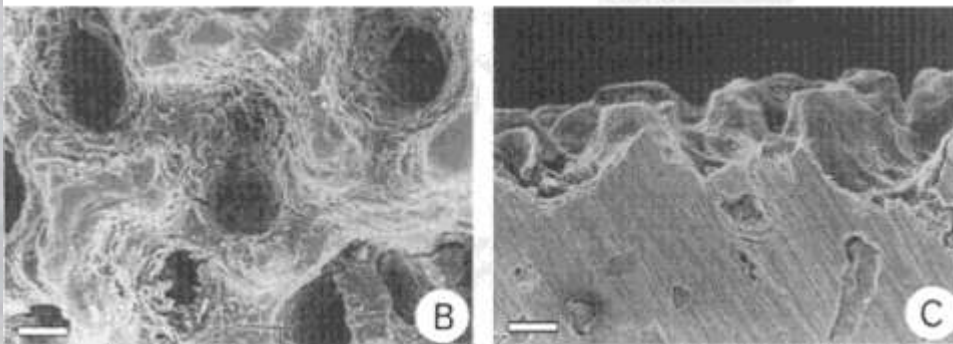
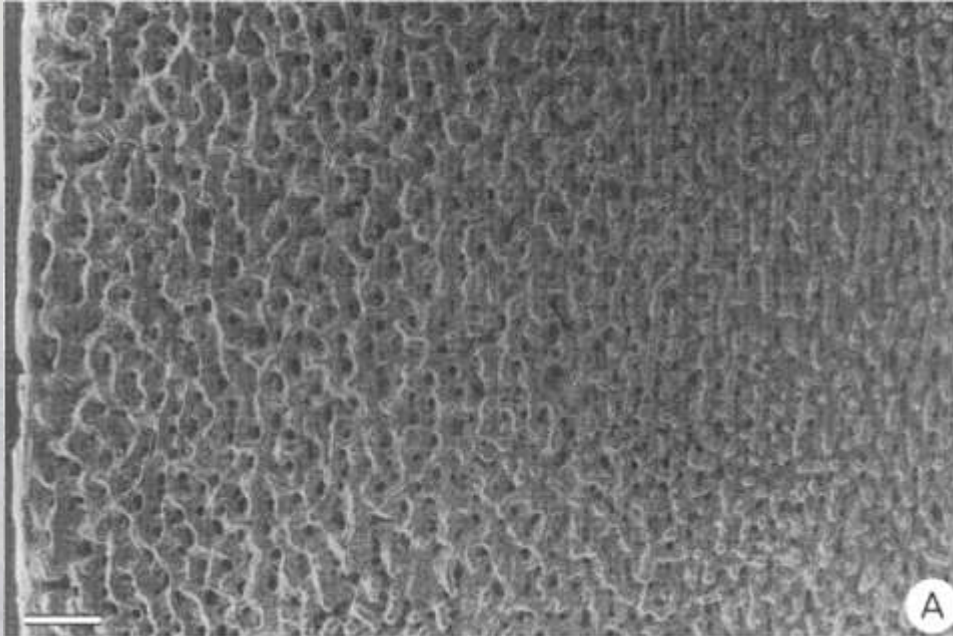
Castor olievis

De snelste zwemmer ter wereld heeft ze ook
Wat kunnen we van de zwaardvis leren?

De zwaardvis: *Xiphias gladius*



Vorm en functie van het zwaard

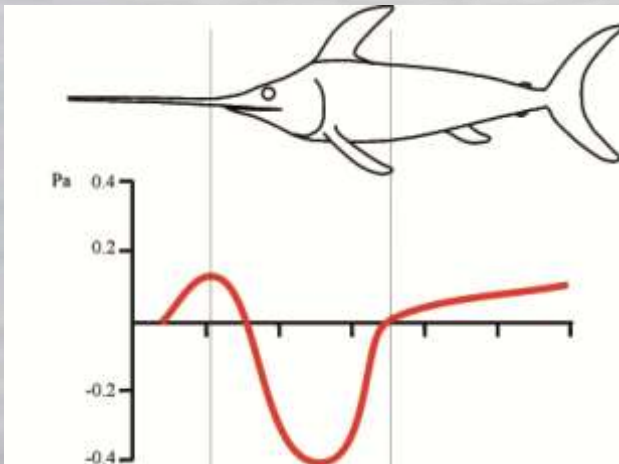
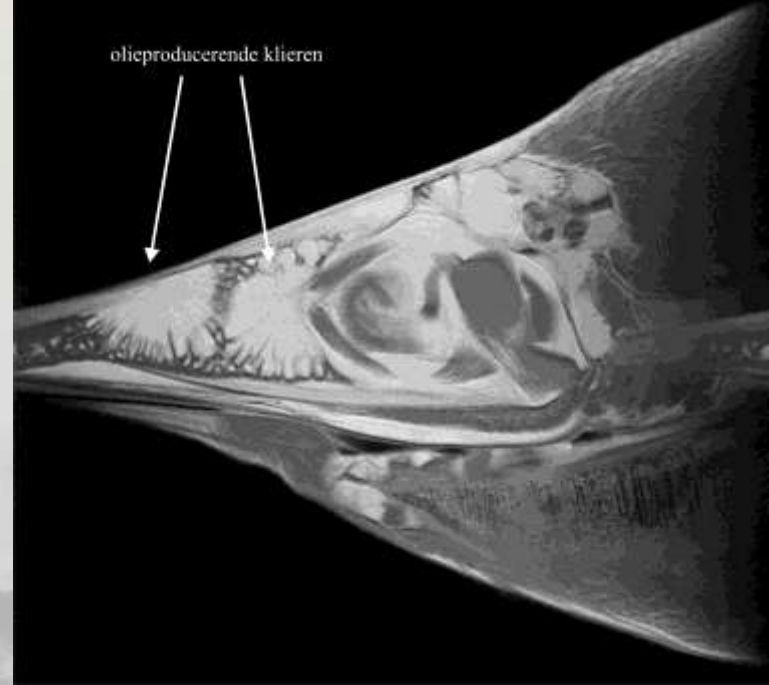
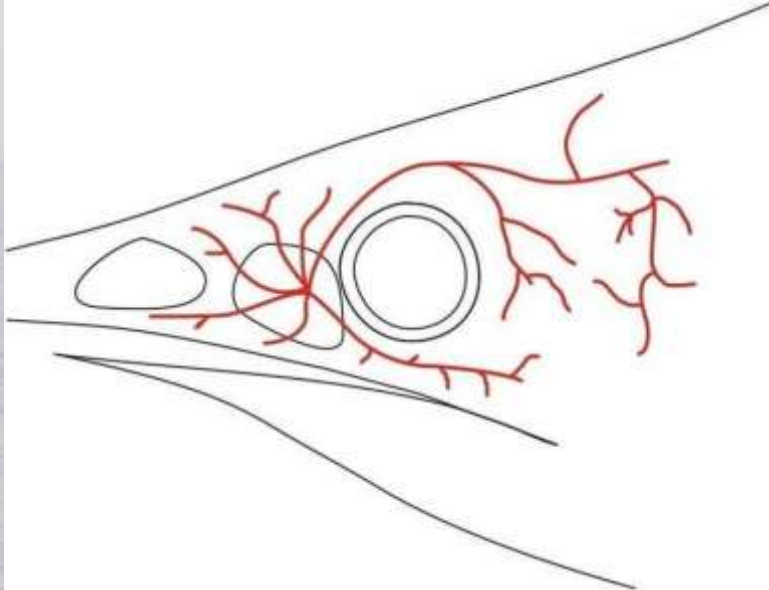


Zwaard zit voor de holle kop
Bij de punt ruw, gladder naar achteren
Ruw door knobbels met gaten
Gaten staan met elkaar in verbinding.

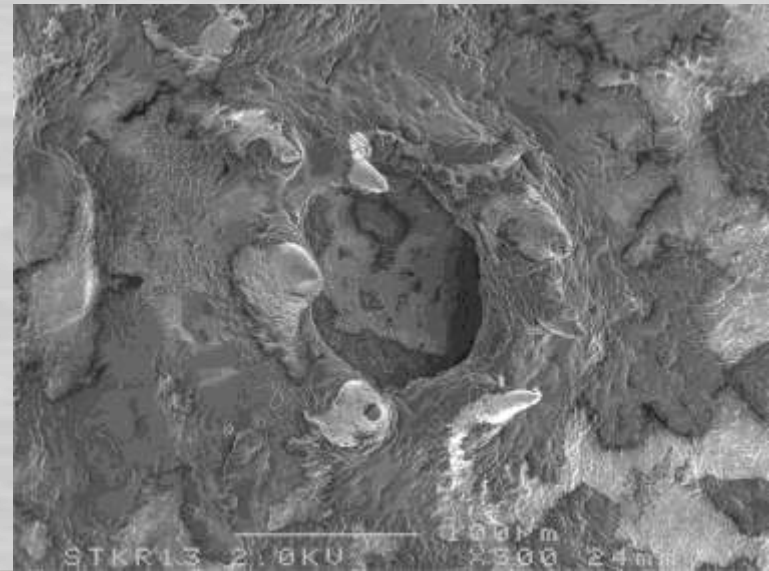
Functie: microturbulentie genereren?

MRI scan onthult veel meer gadgets!

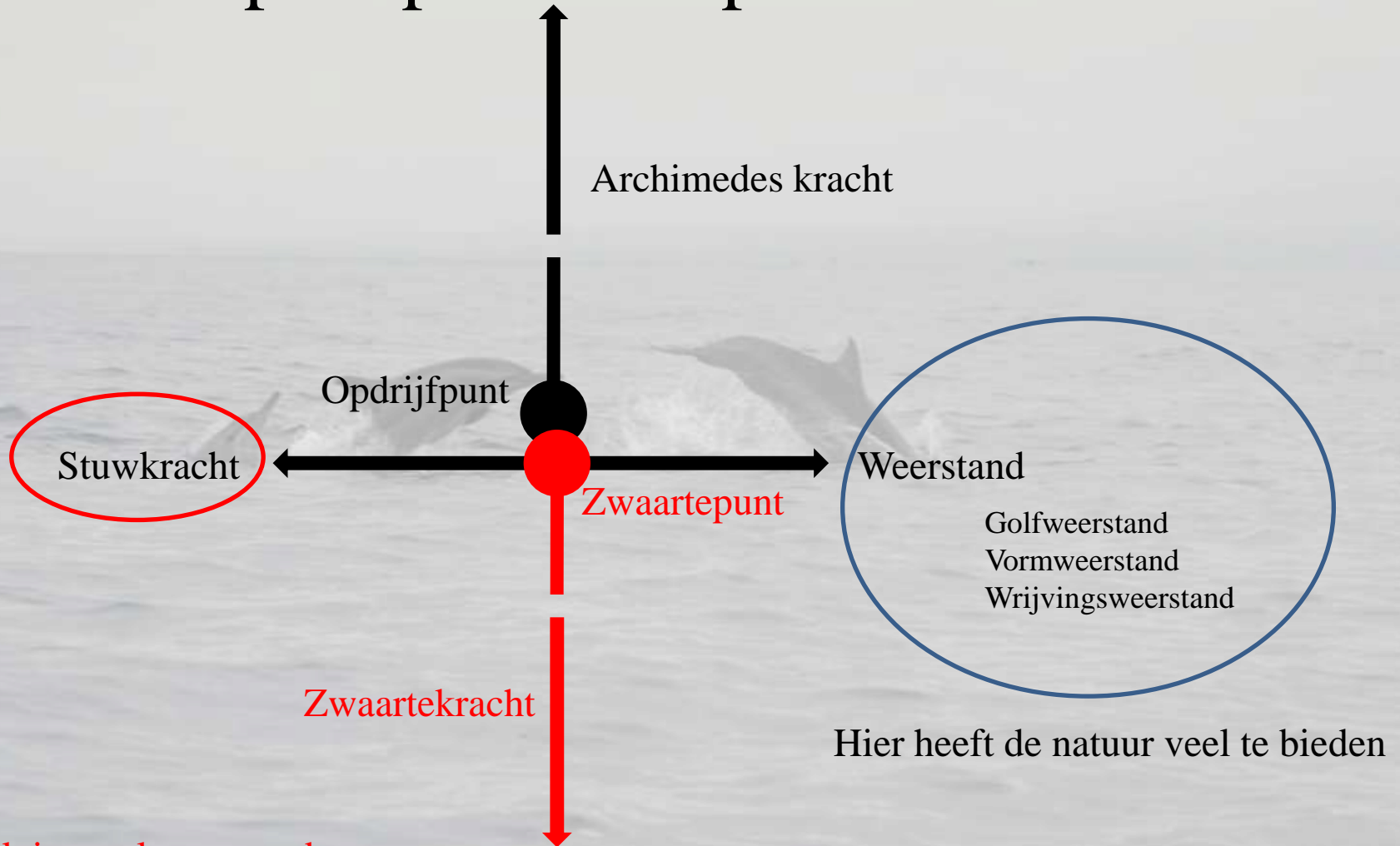
Olieproducerende klieren
verbonden met kanaalsysteem en gaatjes



Negatieve druk
boven het dikste deel
zuigt olie naar buiten



Krachten spel op een schip



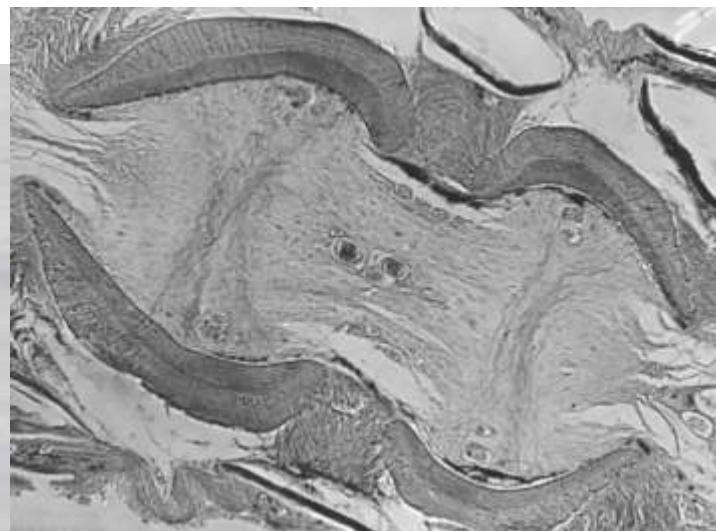
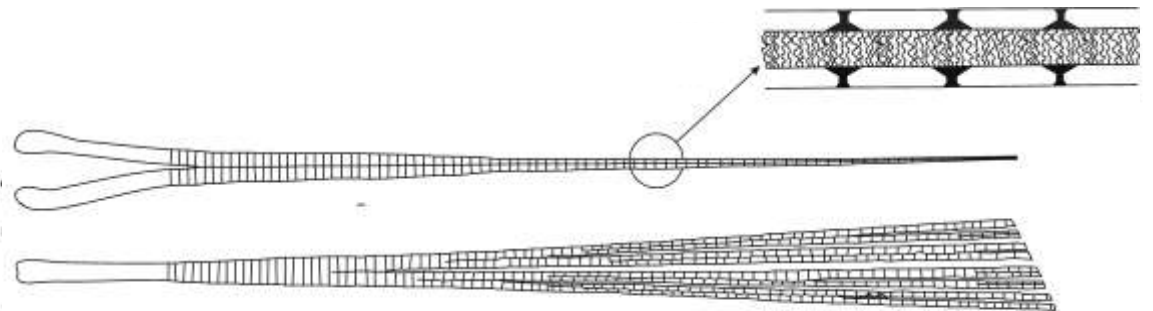
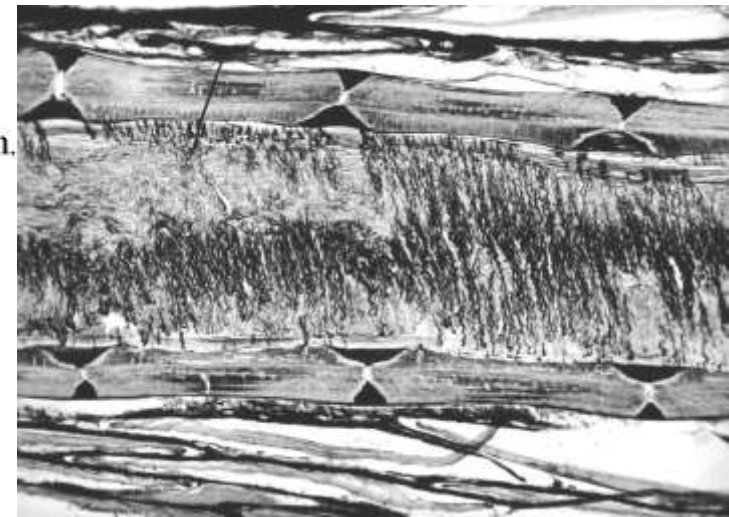
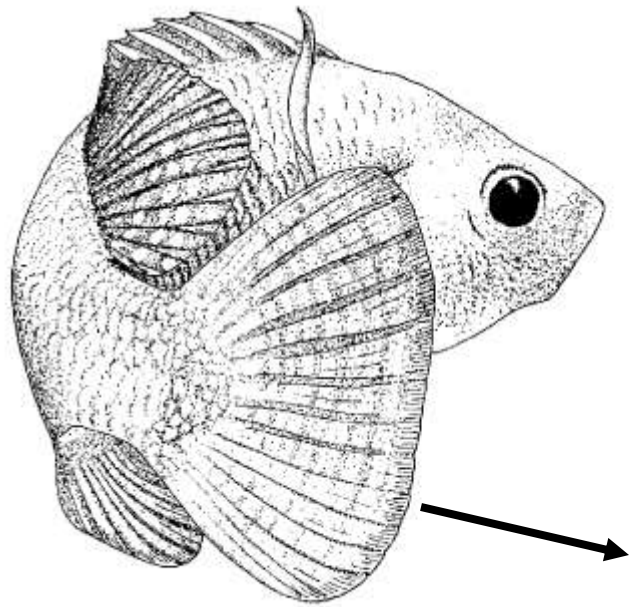
Hier heeft de natuur veel te bieden

Is er ook iets te leren van de natuur
wat betreft voortstuwing?

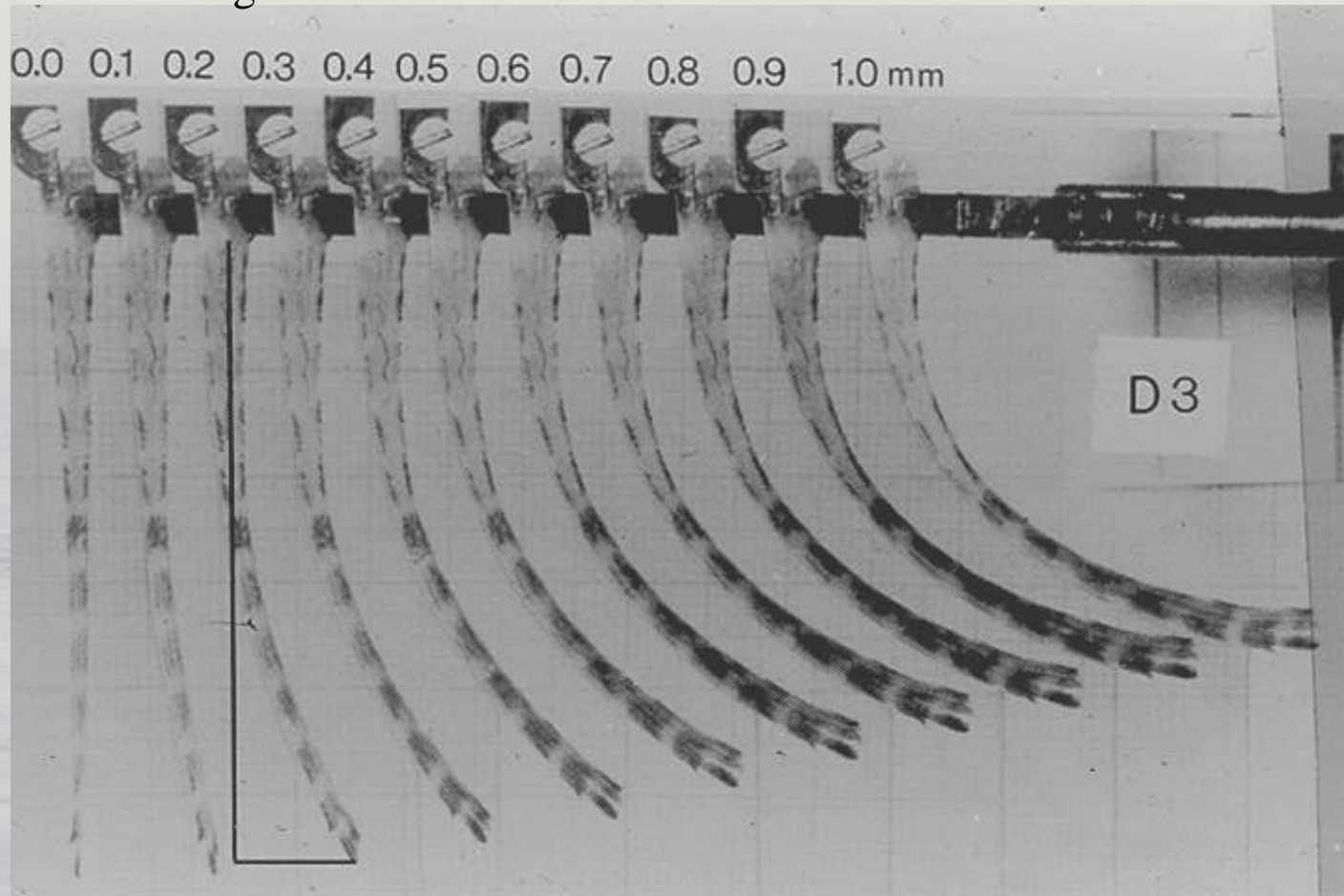
Een voorbeeld: Vinnen van vissen!

Vinnen en vinstralen

Wisselen krachten uit met het water
Bevatten geen spieren, wel zenuwen
Ze zijn opgebouwd uit beenstukjes die met pezen aan elkaar zitten.
Bouw maakt buiging vanuit het lichaam mogelijk



Verschuiving van de vinstraalhelften in mm

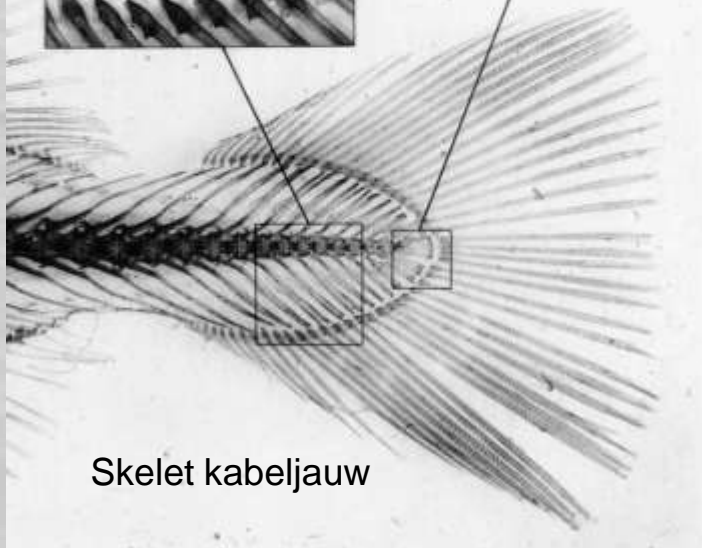
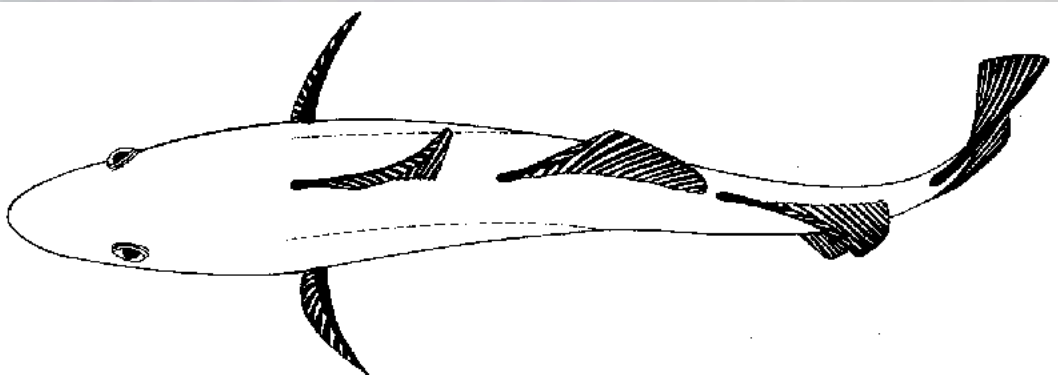
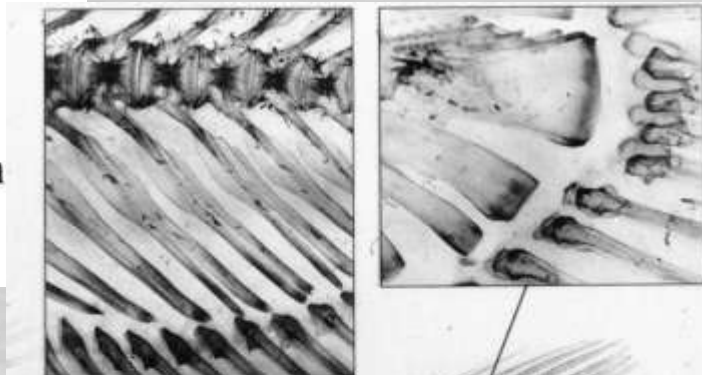
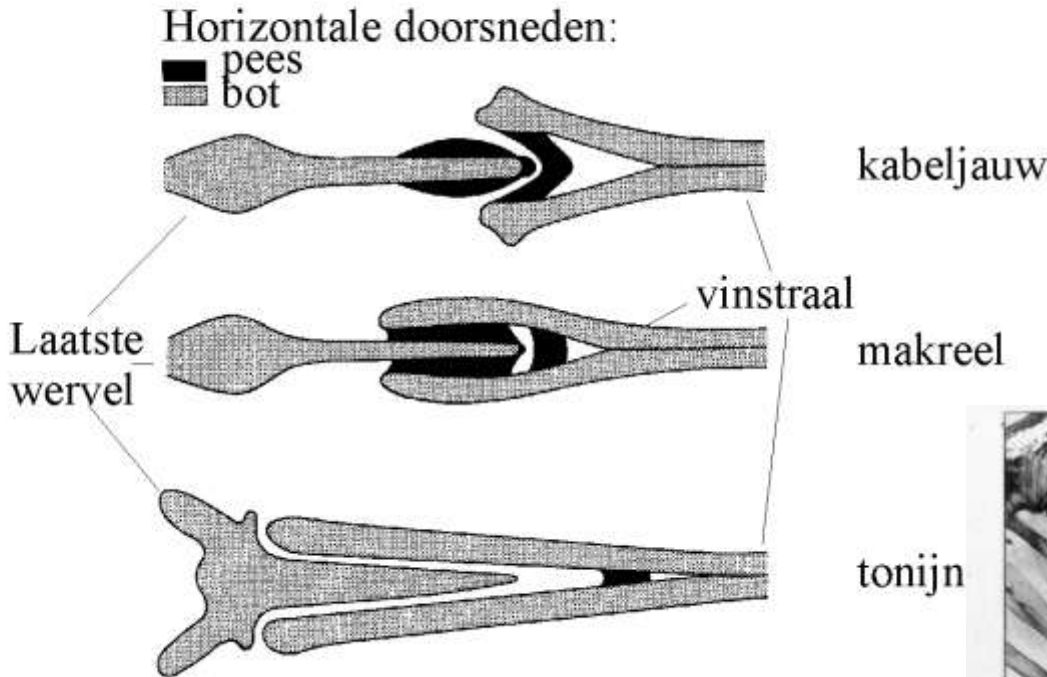


Zeillatten waarmee de buiging in het zeil geregeld kan worden?

Verbinding tussen vin en lichaam vangt krachten op

Variabele overdracht van stuw en remkracht

snelheid neemt toe
↓



remmende kabeljauw

Skelet kabeljauw

Bionica voor de jachtbouw



Leren van de natuur

J.J. Videler
Heerenveen, 19 april 2011