

# MODELLEREN VAN SCHEEPSVOORTSTUWING

WND-CONFERENTIE 2023, ROBERT OTTO

# INHOUD

- Introductie van Wärtsilä
- Het ontwerpen van een scheepsschroef
- Modelproeven
- Numerieke modellen
- Samenvatting

# Global leader

in decarbonising marine and energy



Founded in

**1834**

Net sales, MEUR

**5,842**

Our personnel

**17,581**

Nationalities

**127**

Country presence

**79**

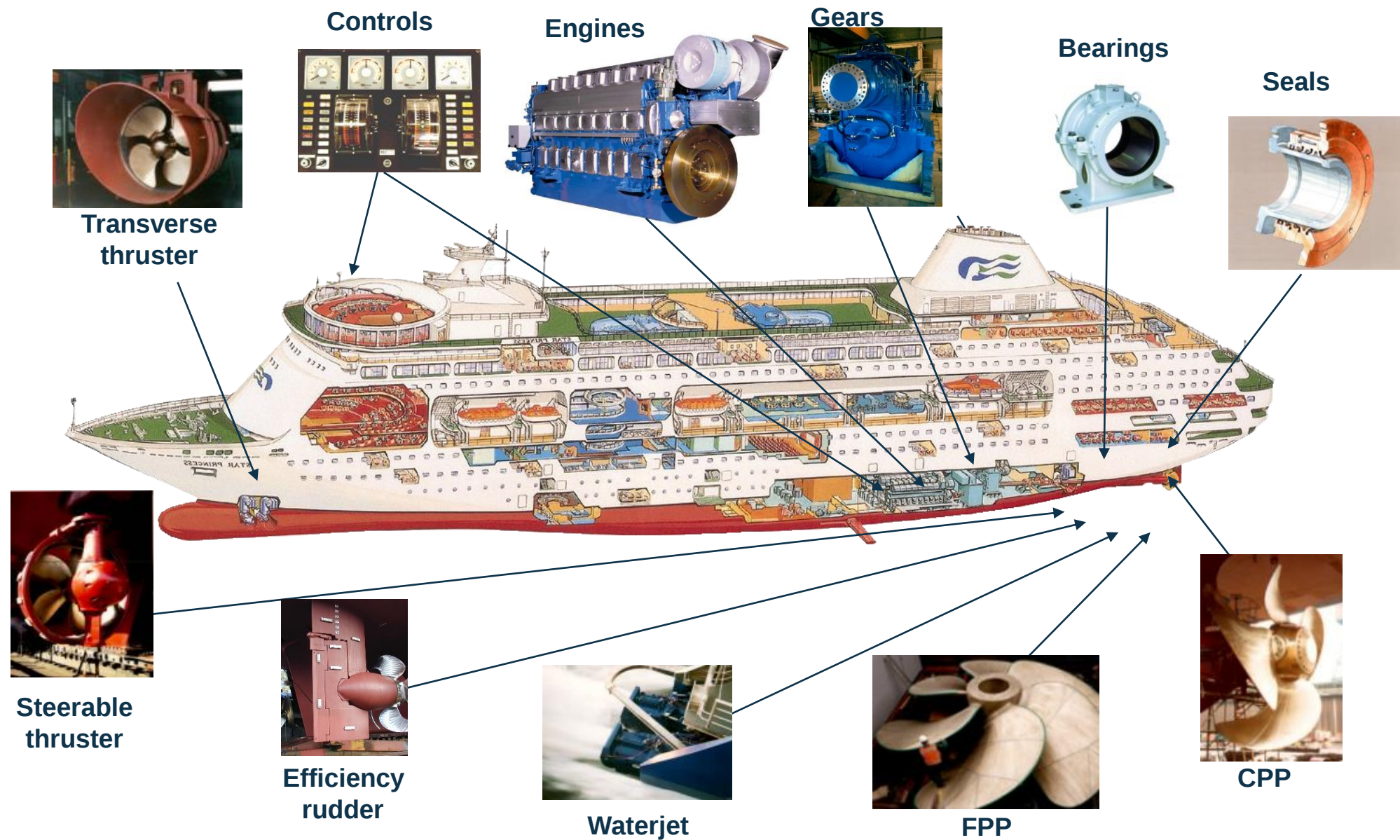
Locations worldwide

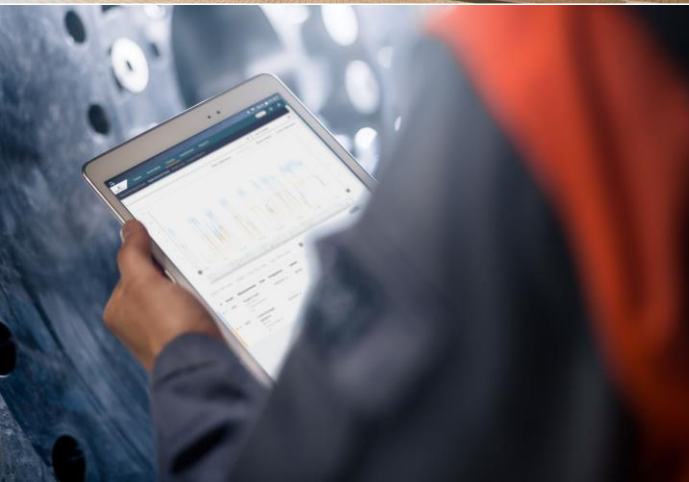
**242**

Figures from 2022



# WÄRTSILÄ PROPULSION PRODUCTS





## DRUNEN

Technology & Service Centre

Propulsion activities:

- Fixed pitch propellers
- Controllable Pitch propellers
- Thrusters
- Propeller shafts
- Waterjets

About 400 people are working in Drunen



**Lips Propeller Since 1882**



# HYDRODYNAMIC DESIGN TEAM

- NL: Robert Otto  
Stephan van der Steenhoven
- NO: Knut Nordbø  
Jarle Havn
- CN: Li Ying

## Schroefontwerp voor alle nieuwbouwschepen:

- Vaste schroeven (FPP)
- Verstelbare schroeven (CPP)
- Stuurbare thrusters (STT)
- Tunnel thrusters (TT)

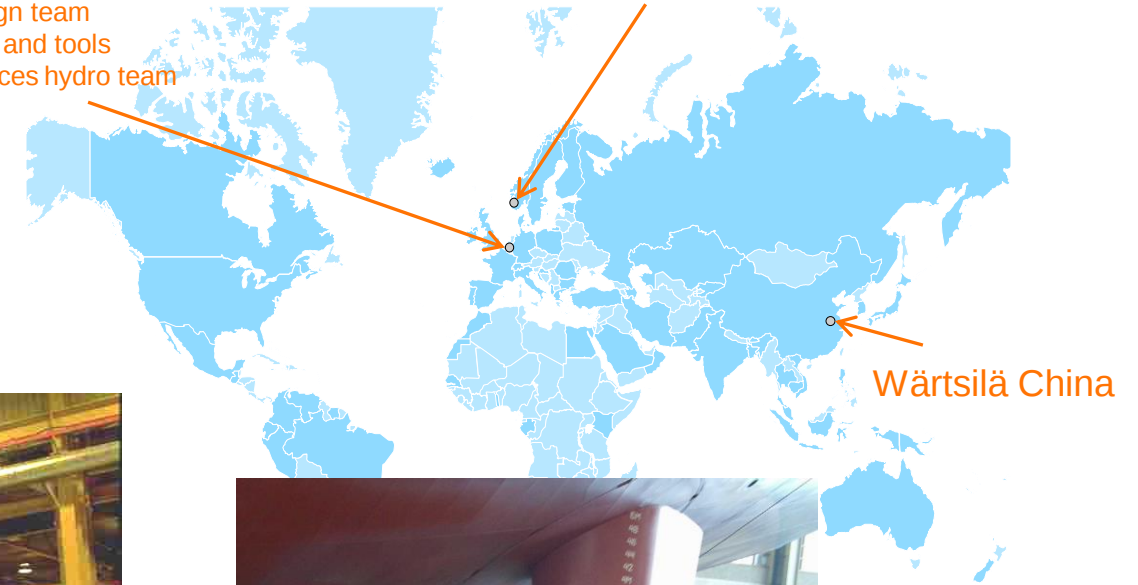


### Wärtsilä The Netherlands,

- MP PT, Design team
- MP PT, CFD and tools
- Project Services hydro team

### Wärtsilä Norway,

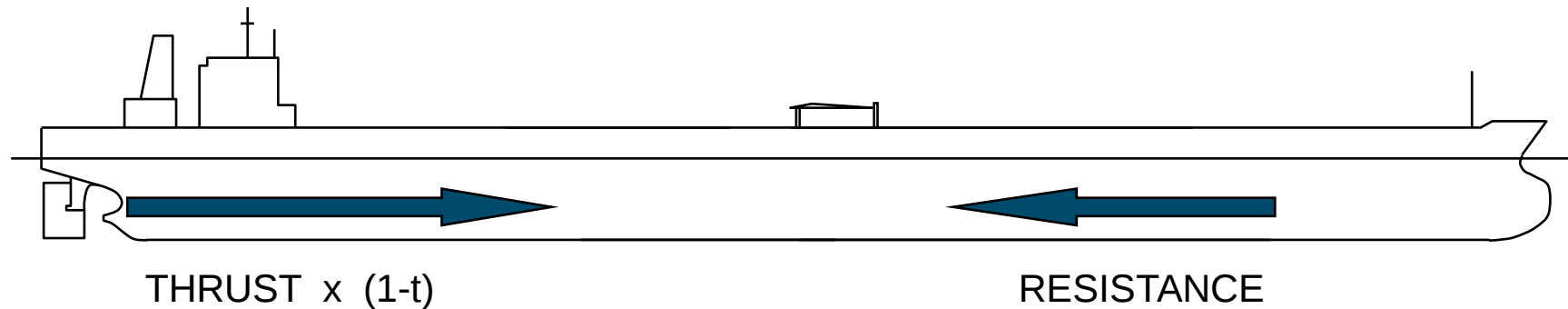
- BL Propulsion, Engineering
- BL Propulsion, Technology



### Wärtsilä China

## SCHROEFONTWERP - RENDEMENT

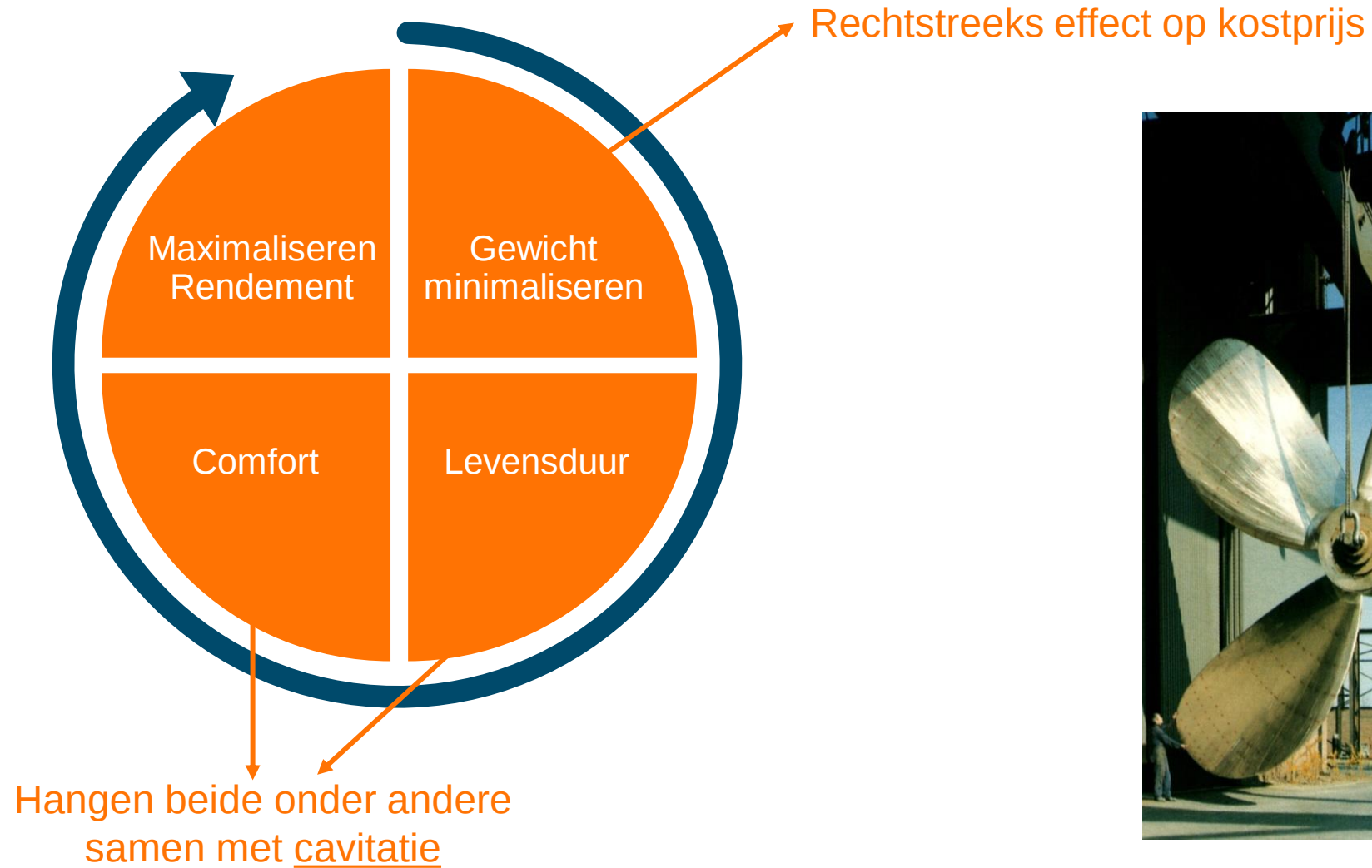
- Een propulsor genereert stuwkracht om de scheepsweerstand bij de gewenste vaarsnelheid te overwinnen (of juist om het schip op zijn plek te houden, in geval van dynamic positioning)
- Om die stuwkracht te kunnen genereren moet er een bepaald vermogen geleverd worden aan de schroef



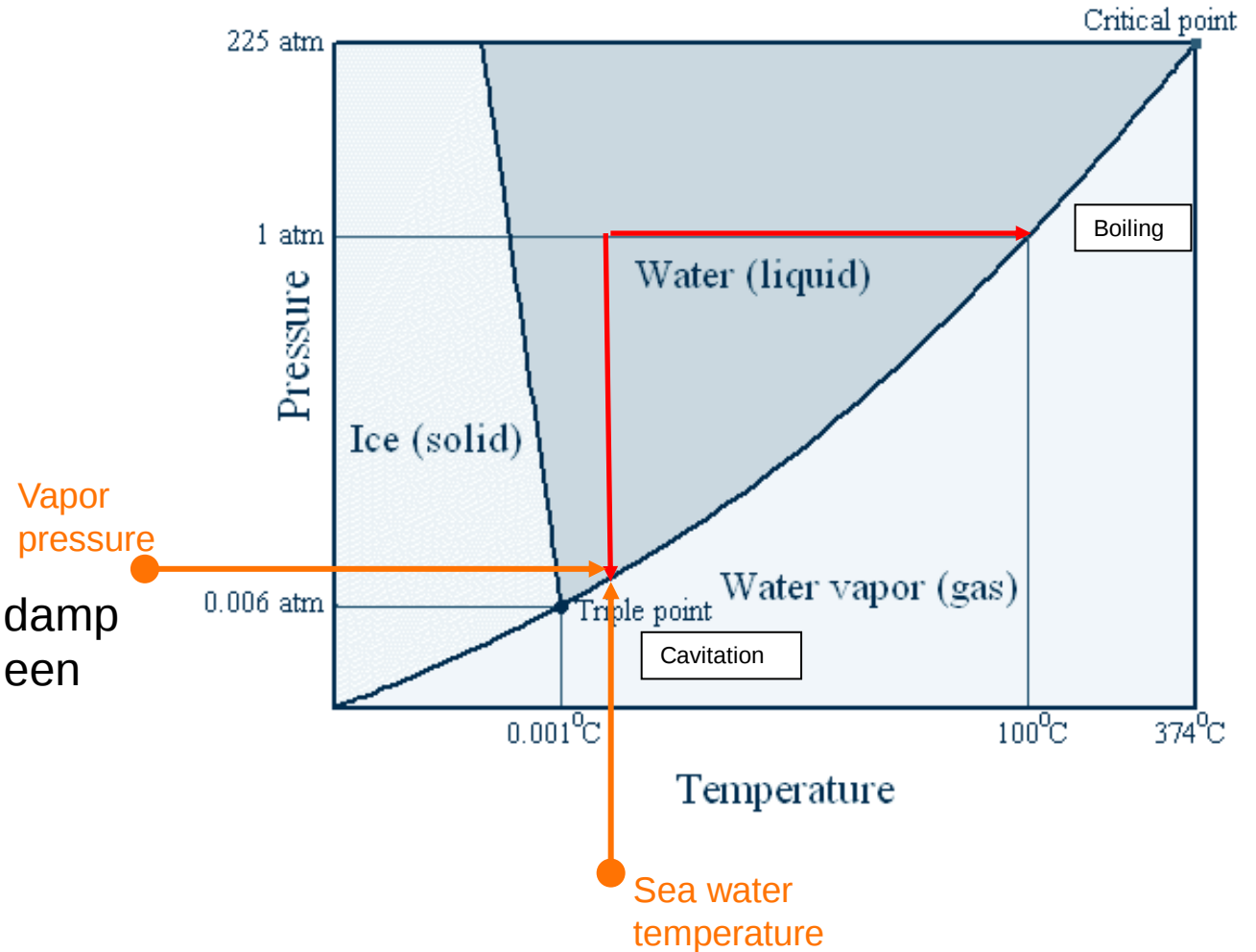
$$\eta_0 = \frac{Thrust \cdot V_s \cdot (1 - w)}{Power}$$

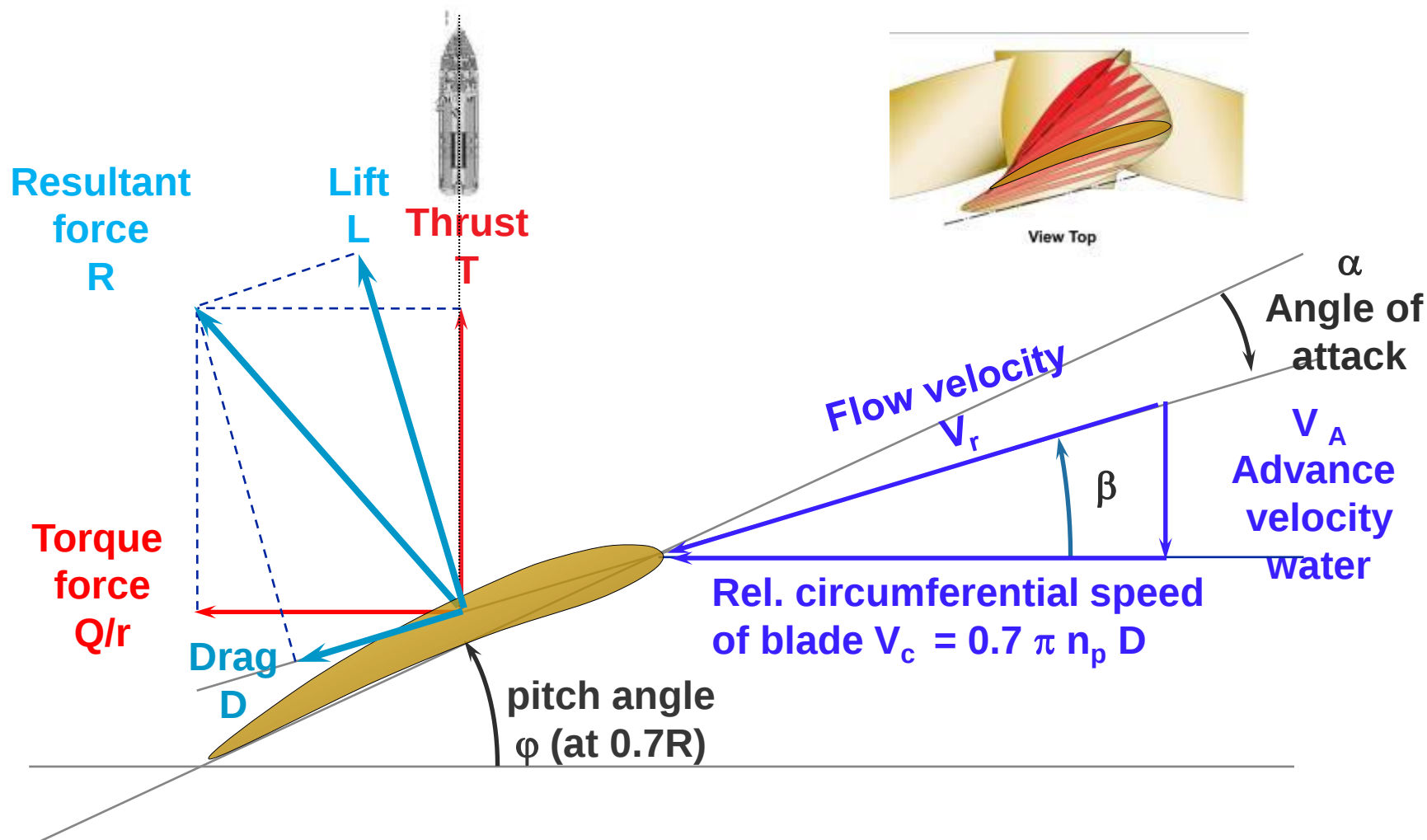
Ontwerp doel 1: een zo hoog mogelijk rendement

## FPP DESIGN CONCEPT

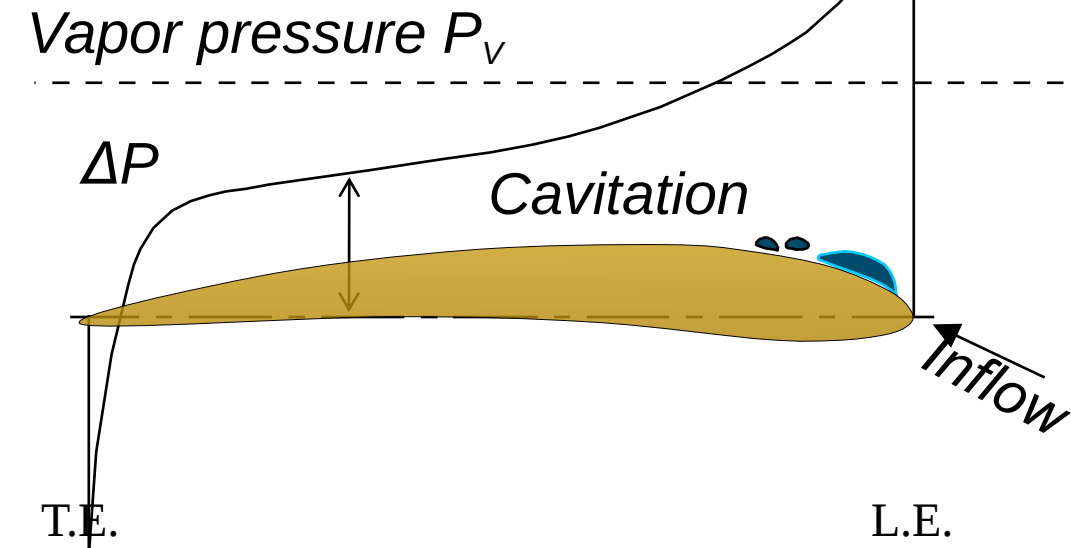
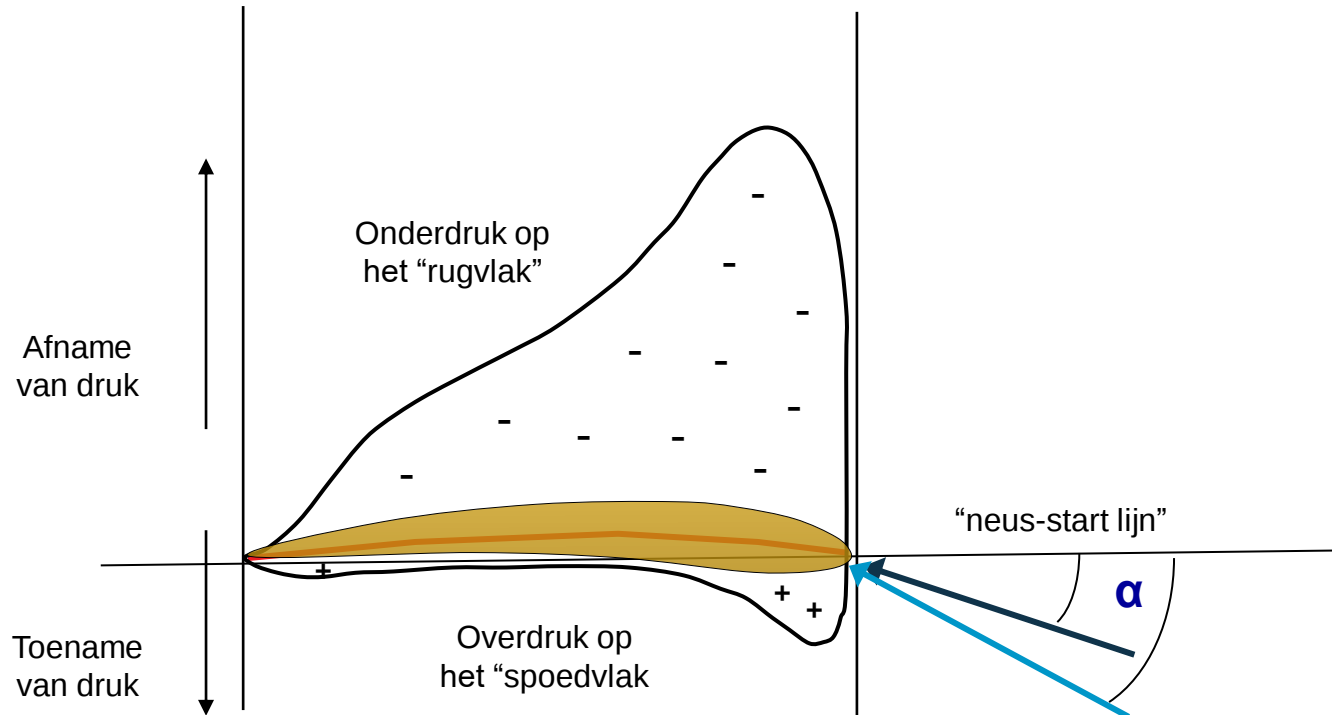


- Cavitatie is net als koken het verdampen van water.
- Bij koken gebeurt dit door een verhoogde temperatuur.
- Bij cavitatie verandert vloeistof in damp door een sterk verlaagde druk bij een lagere temperatuur.

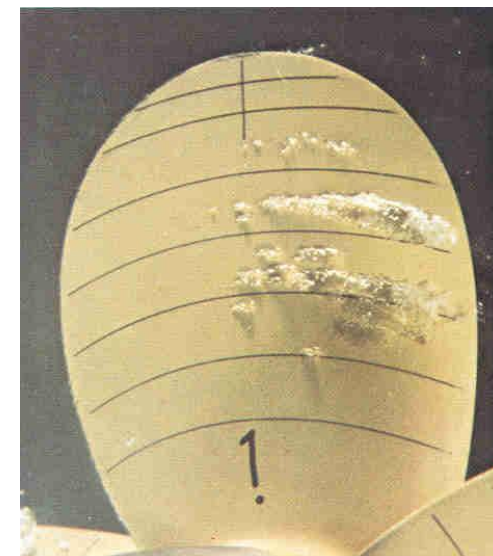
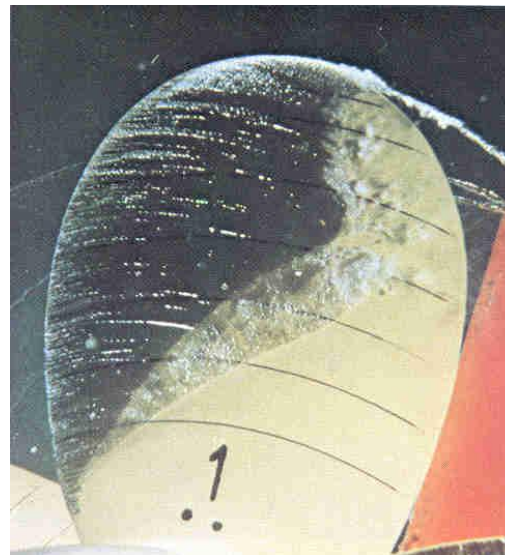
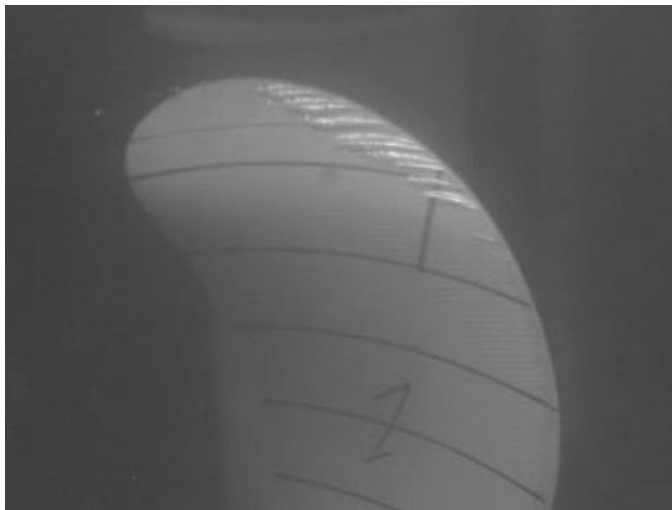




- De lift van het profiel wordt gegenereerd door een drukverschil dat ontstaat door de **welving** en/of **invalshoek van de stroming ten opzichte van het profiel**

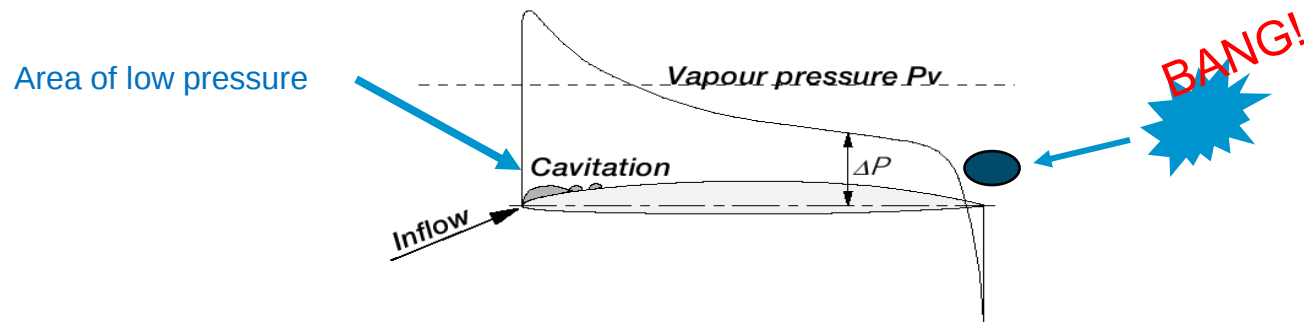
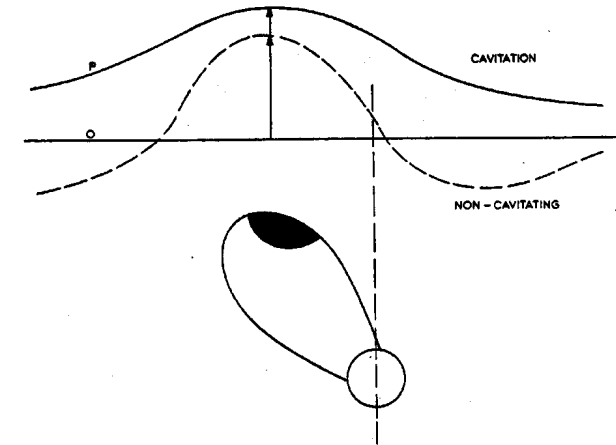


## VOORBEELDEN VAN CAVITATIE



## GEVOLGEN VAN CAVITATIE

- Verhoogde drukvariëaties op de scheepsromp => vibraties
- Geluid
  - In het schip
  - Onderwater uitgestraald geluid
- Soms: schade op het oppervlak van het schroefblad (cavitatie erosie)



## DE BALANS IN HET SCHROEFONTWERP

Increase propeller efficiency

- Increase diameter
- Increase pitch at propeller tip
- Reduce blade area
- Tip rake



Reduce cavitation, noise and vibrations

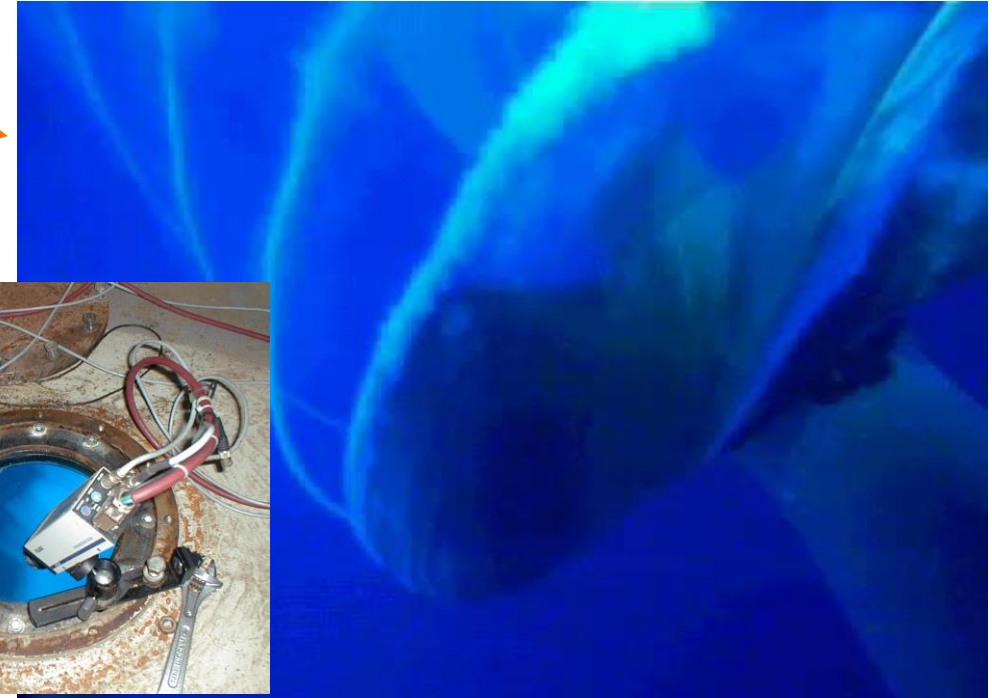
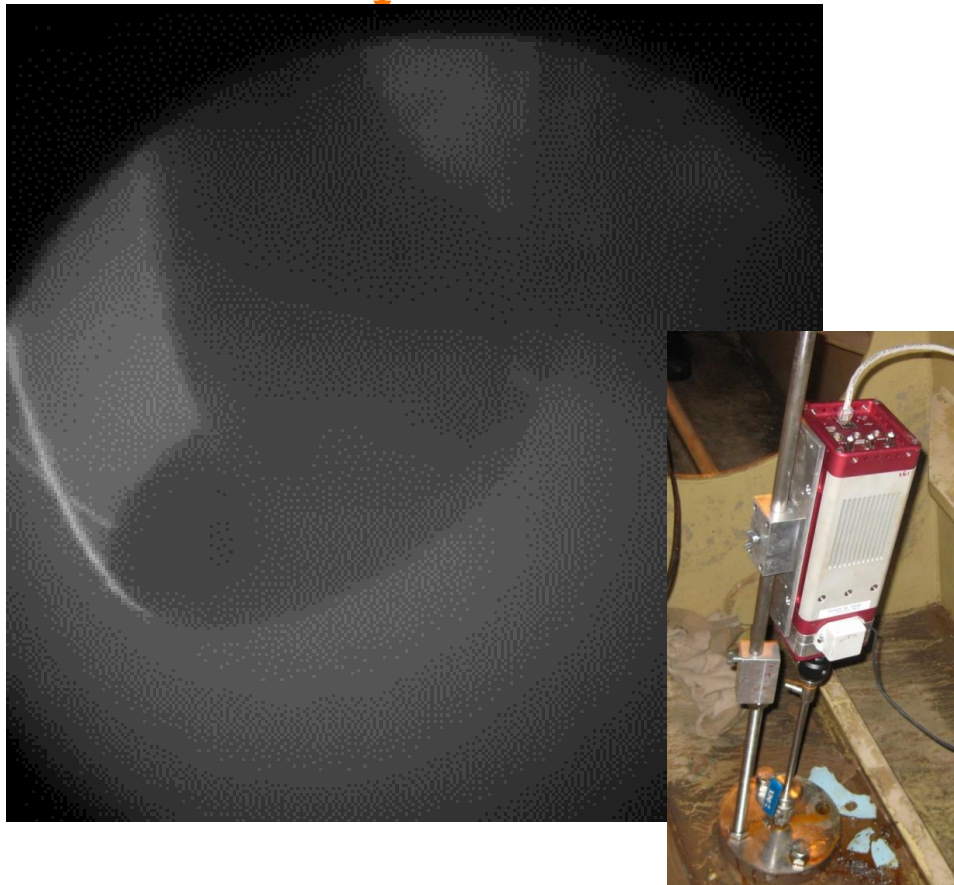
- Increase clearance to hull
- Reduce pitch at propeller tip
- Increase blade area
- Tip rake
- Increased skew
- Wake adapted design

Om een goed schroefontwerp te kunnen maken zijn er goede modellen nodig om rendement en cavitatiegedrag te kunnen voorspellen.

- Ware grootte observaties en metingen
  - Van belang om model testen en computer programma's te valideren
  - Omstandigheden zijn zelden tot nooit ideaal
- Model testen
  - Veel ervaring (>100 jaar)
  - Schaalecten spelen een grote rol
- Computer programma's
  - Veel gebruikt
  - Nauwkeurigheid steeds beter
  - Sommige types cavitatie zoals tip wervels kunnen alleen berekend worden met heel lange rekentijd (te lang om tijdens het ontwerpproces te gebruiken)
  - Voortdurende ontwikkeling om de methoden verder te verbeteren

## WARE GROOTTE OBSERVATIES

- Observatie met stroboscopisch licht
- Observatie met boroscoop en high-speed video



Feedback helpt om tools en methoden te verbeteren.



mogelijkheid om ontwerpen met hoger rendement te maken

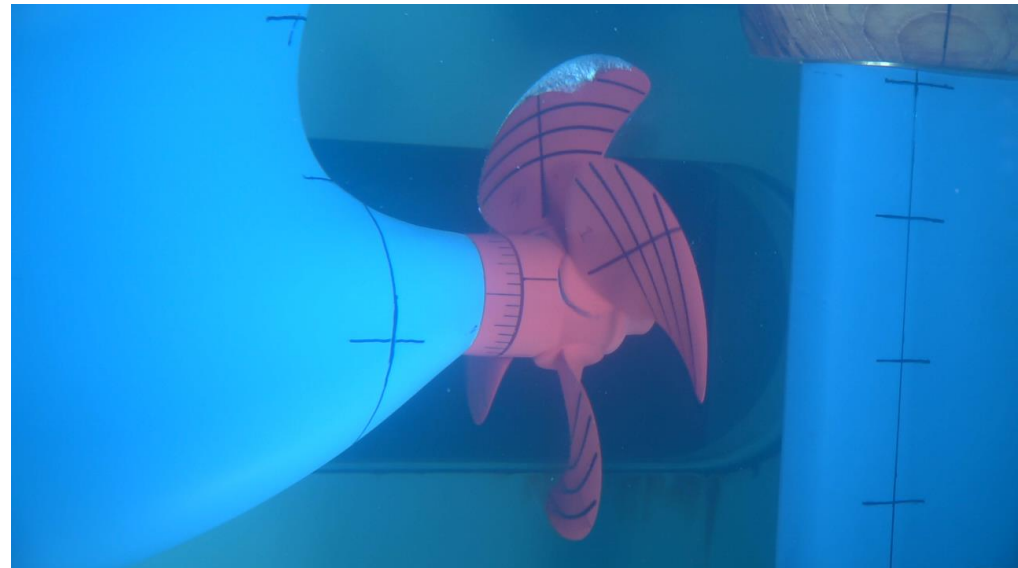
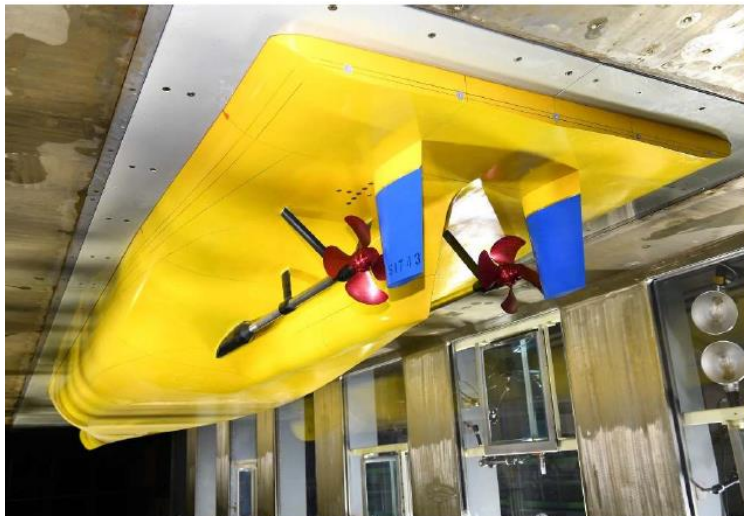
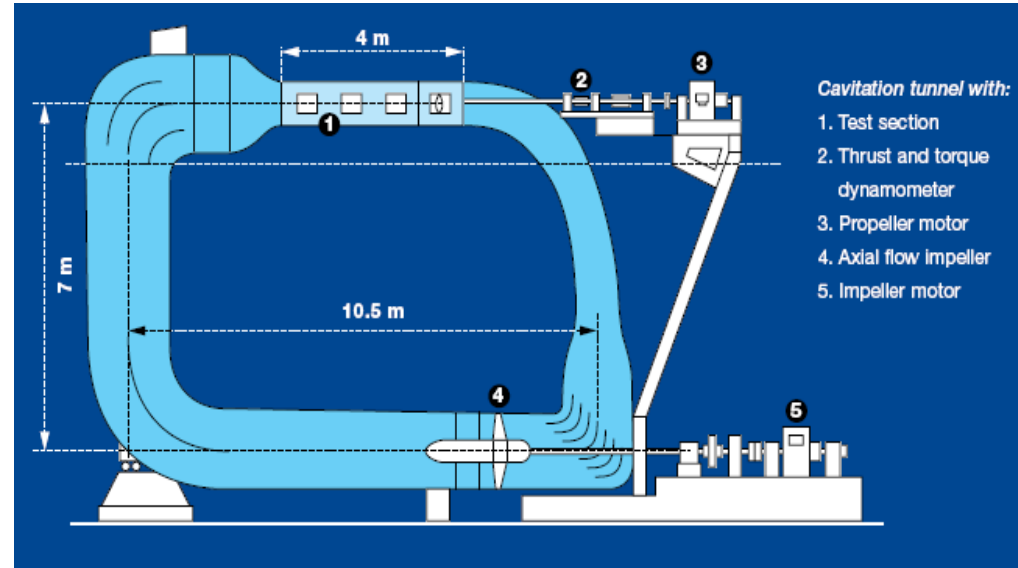
## MODELTESTEN

- Al 150 jaar geleden werden de eerste sleepproeven in Nederland uitgevoerd.
- MARIN in Wageningen is nu één van de meest vooroplopende instituten in de wereld.

|                      |                                                                   |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Dimensions           | 250 m × 10.5 m, 5.5 m deep (length x width x depth)               |
| Model length range   | 1.5 - 14 m                                                        |
| Carriage speed range | 0 - 9 m/s for models ≤ 4000 kg<br>0 - 4 m/s for models ≤ 12000 kg |



## MODELTESTEN - CAVITATIE



## SCHAALEFFECTEN

- Froude schaling (correct schalen van golfpatronen):

$$Fn = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L}} = \text{constant}$$

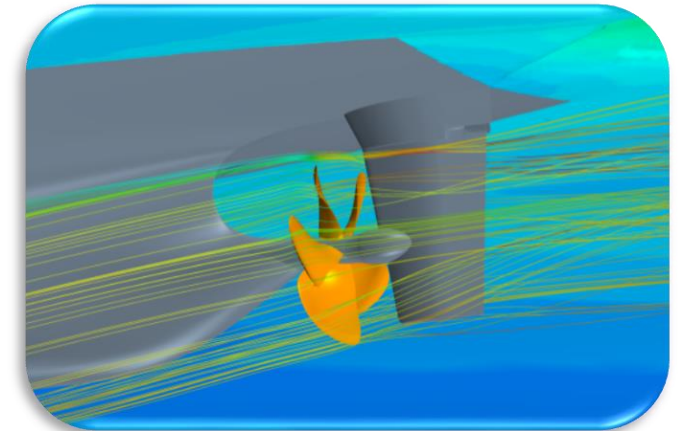
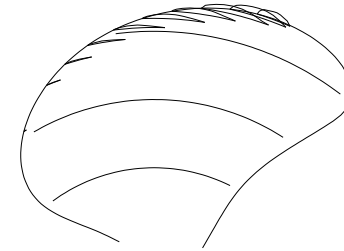
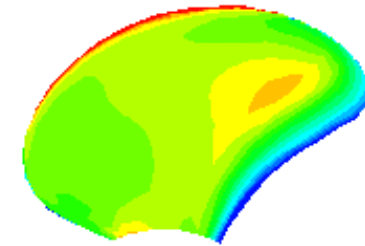
- Reynolds schaling (correct scalen van wrijvingseffecten):

$$Re = \frac{V_s \cdot L}{\nu} = \text{constant}$$

- Het is onmogelijk om aan beide wetten tegelijk te voldoen !
- Er wordt voldaan aan de wet van Froude, dit betekent dat wrijving overschat wordt in model testen
- Er zijn allerlei correcties benodigd, deels op basis van fysica en deels op basis van ervaring.
- Desondanks zijn modeltesten lang de meest betrouwbare predictiemethode geweest en worden ze nog steeds veel toegepast.

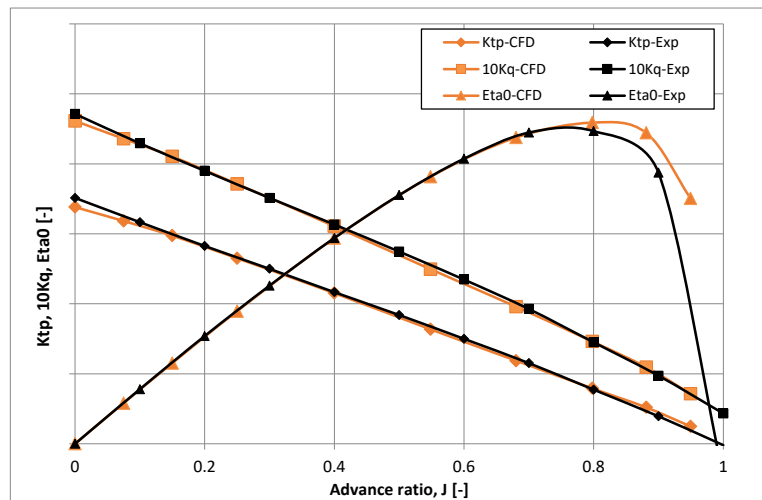
## NUMERIEKE PREDICTIE MODELLEN

- Potentiaal theorie
  - Variërend van eenvoudige methoden als impuls-theorie en lifting-line tot lifting-surface en Boundary Element methoden.
  - Rekenen drukverdelingen uit waaruit de cavitatie afgeleid kan worden.
  - Wrijvingseffecten zijn niet of vereenvoudigd gemodelleerd (bijvoorbeeld met semi-empirische correcties)
  - Rekentijd: enkele seconden tot enkele minuten.
- RANS-CFD (Reynolds Averaged Navier Stokes - Computational Fluid Dynamics)
  - Daadwerkelijke 3D geometrie.
  - Wrijvingseffecten worden meegenomen.
  - Simulaties voor ware grootte én model schaal.
  - Mogelijk om de interactie tussen schroef en schip en andere componenten zoals een roer te analyseren.
  - Rekentijd: ongeveer een uur voor alleen het rendement van de schroef tot enkele weken voor een schip met schroef inclusief cavitatie berekeningen.

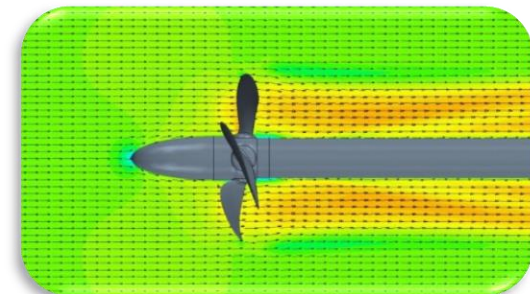
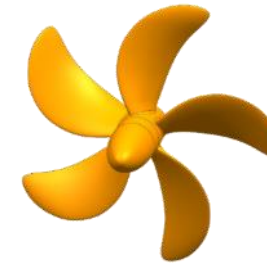
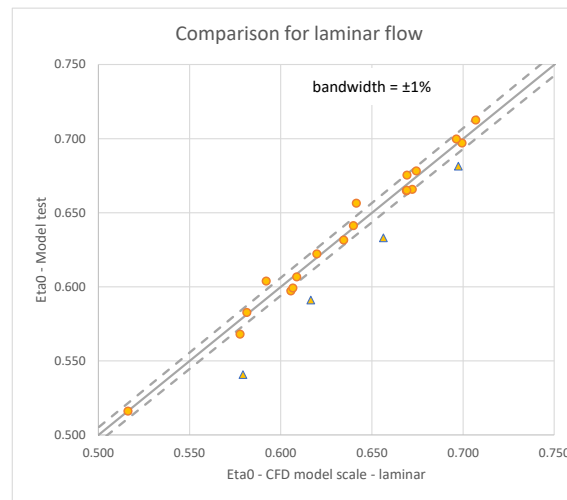


## SCHROEF RENDEMENT

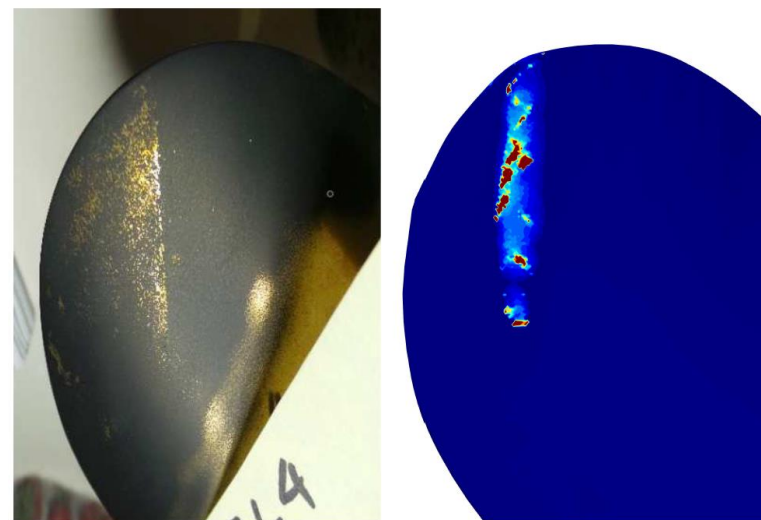
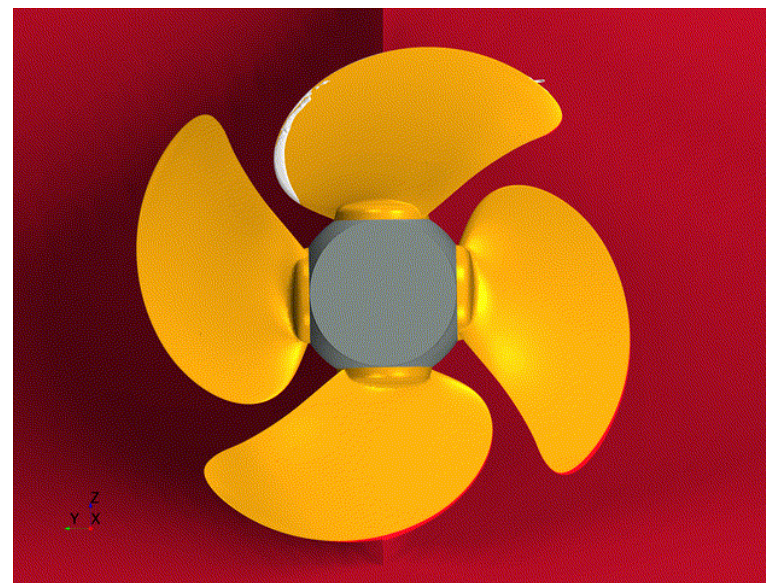
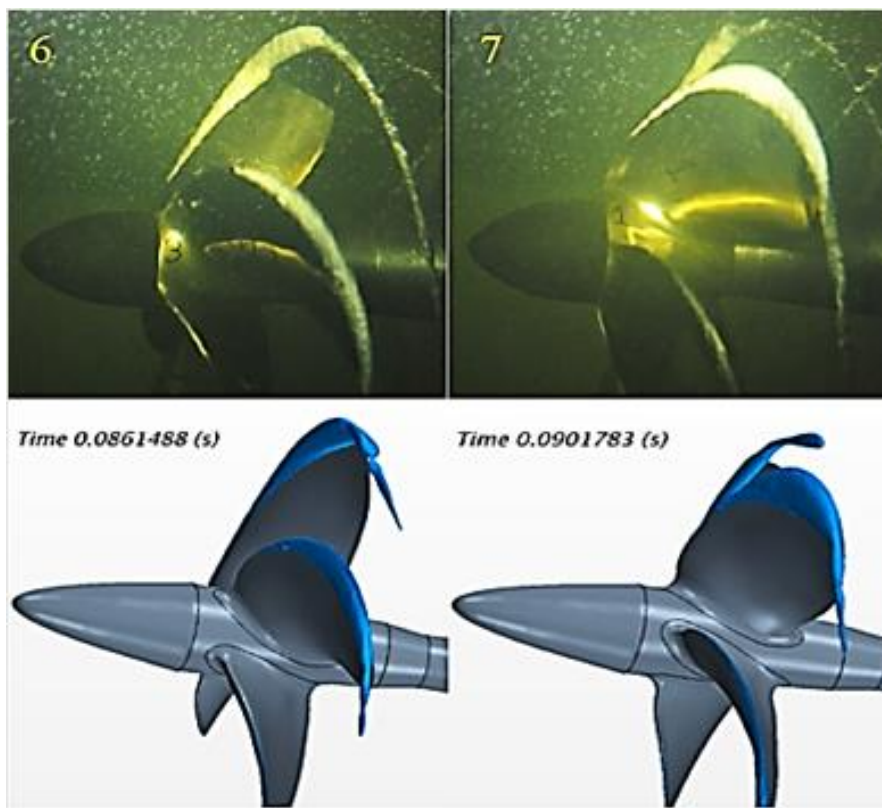
- Propeller rendement gebaseerd op CFD:
  - Model schaal simulaties kunnen gevalideerd worden met experimenten.
  - Modelleren en meshen en de simulatie zelf zijn gestandaardiseerd.



Increasing speed →

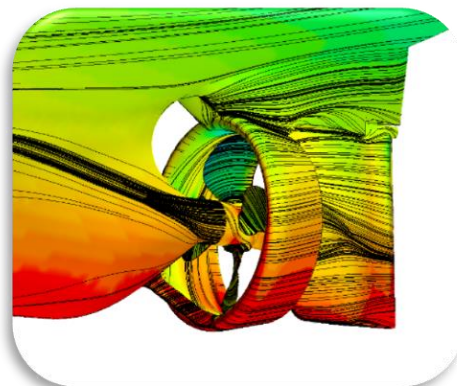
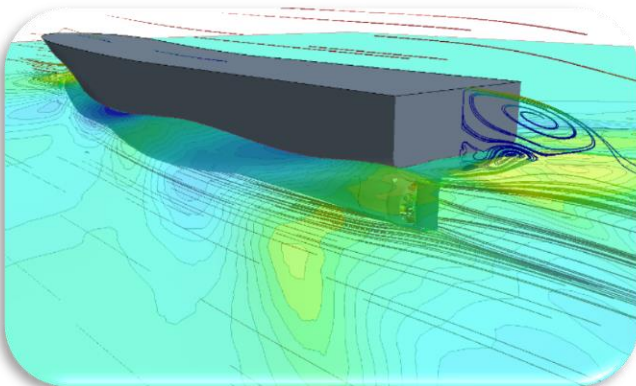
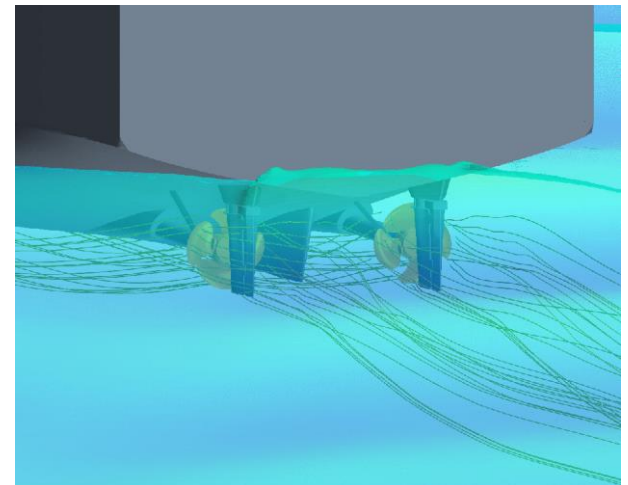
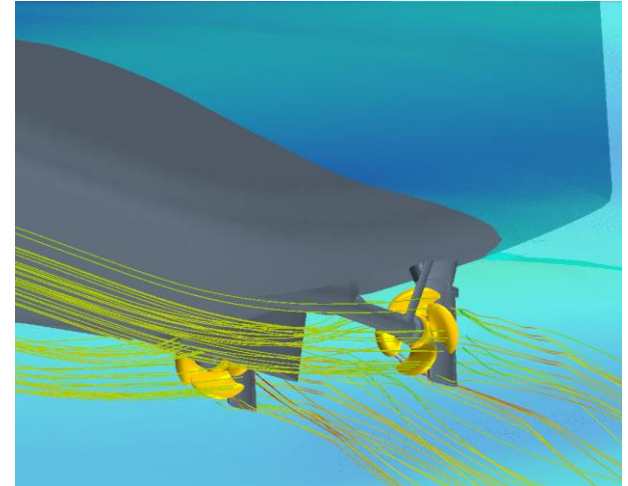


## CFD MET CAVITATIE MODELLERING



## SCHROEF - SCHIP INTERACTIE

- Moderne CFD simulaties kunnen toegepast worden om naar de prestaties van het geheel te kijken.
- Zowel schip als schroef (en roer, straalbuis etc.) zijn gemodelleerd en de interactie tussen de componenten kan geanalyseerd worden, kwalitatief en kwantitatief.
- Eventueel kan ook cavitatie uitgerekend worden.
- Rekentijden zijn (nog) aanzienlijk.



## SAMENVATTING

- Het ontwerpen van schepsschroeven draait om het vinden van een juiste balans tussen een zo hoog mogelijk rendement en het beheersen van het cavitatiegedrag.
- Om die balans te vinden zijn er goede predictiemodellen nodig.
- Er is jarenlange ervaring met modeltesten en velen in de industrie leunen nog steeds op die ervaring.
- Numerieke predictie met name met (visceuse) CFD methoden worden steeds nauwkeuriger en worden steeds meer toegepast, vaak naast en soms in plaats van modeltesten.
- In de toekomst zullen deze CFD methoden een steeds grotere rol gaan spelen.



**WÄRTSILÄ**