

Drukken en draaien

Basisfysica, Coriolis en zoet-zoutinteracties (PPT)

Mosselman, Erik

Publication date

2016

Document Version

Final published version

Citation (APA)

Mosselman, E. (2016). *Drukken en draaien: Basisfysica, Coriolis en zoet-zoutinteracties (PPT)*. 1-10. WMCN-kennisdag, Lelystad, Netherlands.

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable). Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights. We will remove access to the work immediately and investigate your claim.



TU Delft
Technische Universiteit Delft

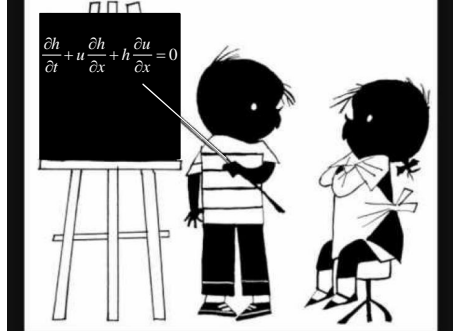
Deltares
Enabling Delta Life

Drukken en draaien

Basisfysica, Coriolis en zoet-zoutinteracties

Erik Mosselman
WMCN-kennisdag
Water Management Centre of the Netherlands
Lelystad, 11 oktober 2016

Basisfysica



$$\frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + h \frac{\partial u}{\partial x} = 0$$

TU Delft

Deltares

Coriolis

Ooit Coriolis-krachten gevoeld?



TU Delft

Deltares



TU Delft

Deltares



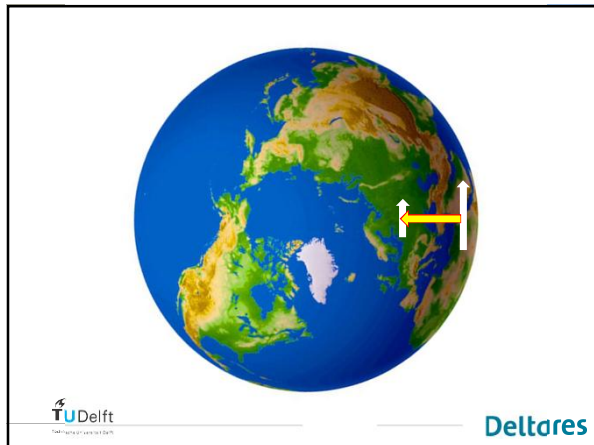
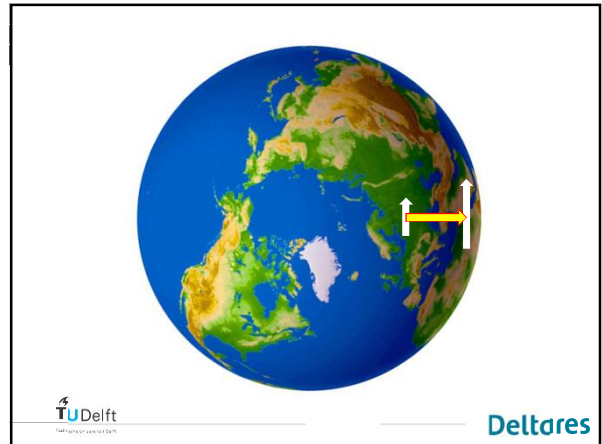
TU Delft

Deltares



TU Delft

Deltares



Coriolis

Coriolis-krachten

- Afwijking naar rechts op het noordelijk halfrond: draaiing tegen de wijzers van de klok

Gustave-Gaspard Coriolis

- Afwijking naar links op het zuidelijk halfrond

Deltares

Coriolis

Coriolis-krachten

- Zeestromingen en luchtstromingen
- Noodzakelijk ingrediënt voor orkanen
- Middagsessie over orkanen door Femke Davids
- Waar op de wereld zijn orkanen het sterkst?

Deltares



Basisprincipes van waterbeweging

Basisprincipes:

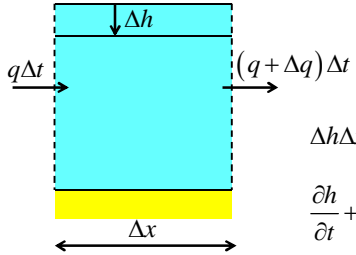
- Wet van Behoud van Massa (continuïteit)
- Wet van Behoud van Impuls (Tweede Wet van Newton)



Antoine Lavoisier
Isaac Newton

TU Delft
Deltares

Continuïteit



$$\Delta h \Delta x + \Delta q \Delta t = 0$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = 0$$

TU Delft
Deltares

Continuïteit

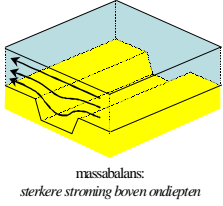
$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = 0$$

Stationaire stroming: $\partial \dots / \partial t = 0$

$$\frac{\partial q}{\partial x} = 0$$

$q = \text{constant}$

$hu = \text{constant}$



massabalans:
sterkere stroming boven ondiepten

TU Delft
Deltares

Tweede Wet van Newton

$$F = ma$$

Per eenheid van massa:

$$\frac{F}{m} = \frac{Du}{Dt}$$

Werking van verschillende krachten:

$$\frac{Du}{Dt} = \frac{\Sigma F}{m}$$

TU Delft
Deltares

Tweede Wet van Newton

$$\frac{Du}{Dt} = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{\Sigma F}{\rho V}$$

Welke krachten werken er op een watervolume?

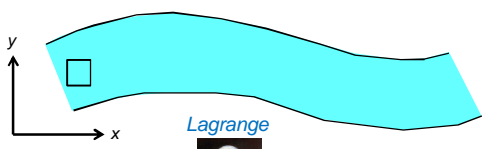
- Zwaartekracht (via drukgradiënt) $\frac{F_{druk}}{m} = -g \frac{\partial z_w}{\partial x} = +gi$
- Stromingsweerstand (bodempwrijving, vegetatie, overlaten) $\frac{F_{resist}}{m} = -\frac{\tau_b}{\rho h}$
- Wind $\frac{F_{wind}}{m} = +\frac{\tau_{wind}}{\rho h}$

TU Delft
Deltares


Tweede Wet van Newton

$$\frac{Du}{Dt} + g \frac{\partial z_w}{\partial x} + \frac{\tau_b}{\rho h} - \frac{\tau_{wind}}{\rho h} = 0$$

Meebewegen of stilstaan: Euler versus Lagrange



Lagrange




TU Delft
Deltares

Tweede Wet van Newton

$$\frac{Du}{Dt} + g \frac{\partial z_w}{\partial x} + \frac{\tau_b}{\rho h} - \frac{\tau_{wind}}{\rho h} = 0$$


Meebewegen of stilstaan: Euler versus Lagrange

TU Delft  Deltares

Tweede Wet van Newton

$$\frac{Du}{Dt} + g \frac{\partial z_w}{\partial x} + \frac{\tau_b}{\rho h} - \frac{\tau_{wind}}{\rho h} = 0$$


Meebewegen of stilstaan: Euler versus Lagrange

TU Delft  Deltares

Tweede Wet van Newton

$$\frac{Du}{Dt} + g \frac{\partial z_w}{\partial x} + \frac{\tau_b}{\rho h} - \frac{\tau_{wind}}{\rho h} = 0$$


Meebewegen of stilstaan: Euler versus Lagrange

TU Delft  Deltares

Tweede Wet van Newton

$$\frac{Du}{Dt} + g \frac{\partial z_w}{\partial x} + \frac{\tau_b}{\rho h} - \frac{\tau_{wind}}{\rho h} = 0$$


Meebewegen of stilstaan: Euler versus Lagrange

TU Delft  Deltares

Tweede Wet van Newton

$$\frac{Du}{Dt} + g \frac{\partial z_w}{\partial x} + \frac{\tau_b}{\rho h} - \frac{\tau_{wind}}{\rho h} = 0$$


Meebewegen of stilstaan: Euler versus Lagrange

TU Delft  Deltares

Tweede Wet van Newton

$$\frac{Du}{Dt} + g \frac{\partial z_w}{\partial x} + \frac{\tau_b}{\rho h} - \frac{\tau_{wind}}{\rho h} = 0$$

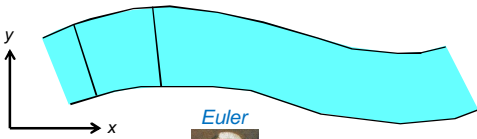

Meebewegen of stilstaan: Euler versus Lagrange

TU Delft  Deltares

Tweede Wet van Newton

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + g \frac{\partial z_w}{\partial x} + \frac{\tau_b}{\rho h} - \frac{\tau_{wind}}{\rho h} = 0$$

Meebewegen of stilstaan: Euler versus Lagrange

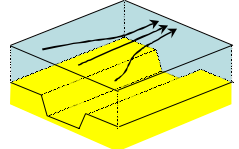
TU Delft **Deltares**

Tweede Wet van Newton

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} - gi + \frac{\tau_b}{\rho h} - \frac{\tau_{wind}}{\rho h} = 0$$

Stationaire stroming: $\partial \dots / \partial t = 0$
 Uniforme stroming: $\partial \dots / \partial x = 0$
 Empirisch: $\tau_b = \rho g u^2 / C^2$
 Geen wind

$$-gi + \frac{gu^2}{C^2 h} = 0$$

$$u = C \sqrt{hi}$$


impulsbalans:
sterkere stroming in diepe delen

TU Delft **Deltares**



Tweede Wet van Newton

Beschrijving per eenheid van massa

- Alleen geldig voor constante massadichtheid
- Niet geschikt voor zoet-zoutinteractie

TU Delft **Deltares**

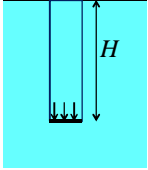
Tweede Wet van Newton

Beschrijving per eenheid van massa

- Alleen geldig voor constante massadichtheid
- Niet geschikt voor zoet-zoutinteracties
- Waterdruk = gewicht waterkolom erboven per m²

$$p = \rho g H$$

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \rho g \frac{\partial H}{\partial x} + g H \frac{\partial \rho}{\partial x}$$

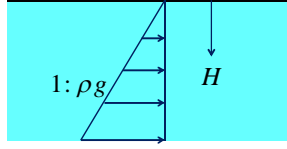
$$\frac{\partial H}{\partial x} = \frac{\partial z_w}{\partial x}$$


TU Delft **Deltares**

Tweede Wet van Newton

Hydrostatische drukverdeling

- Lineair $p = \rho g H$



- Alzijdige druk: druk even groot in alle richtingen

TU Delft **Deltares**

Drukverschillen

- Wat gebeurt er als je de kraan open draait?
- Wat is de eindsituatie?

TU Delft Deltares

Drukverschillen

zout $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$ zoet $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

- Wat gebeurt er als je de kraan open draait?
- Wat is de eindsituatie?

TU Delft Deltares

Drukverschillen

zout $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$ zoet $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

40 cm ?

$$p = \rho_{\text{links}} g H_{\text{links}} = \rho_{\text{rechts}} g H_{\text{rechts}}$$

$$H_{\text{rechts}} = 1,025 H_{\text{links}} = 41 \text{ cm}$$

TU Delft Deltares

Drukverschillen

zout zoet

TU Delft Deltares

Drukverschillen

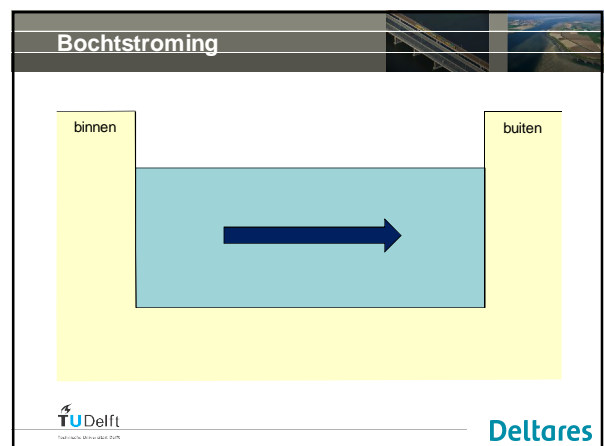
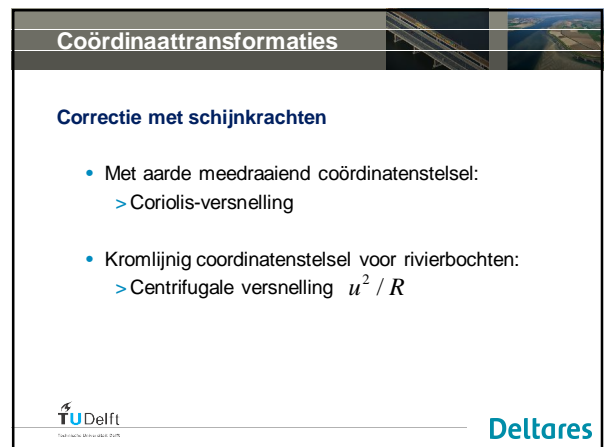
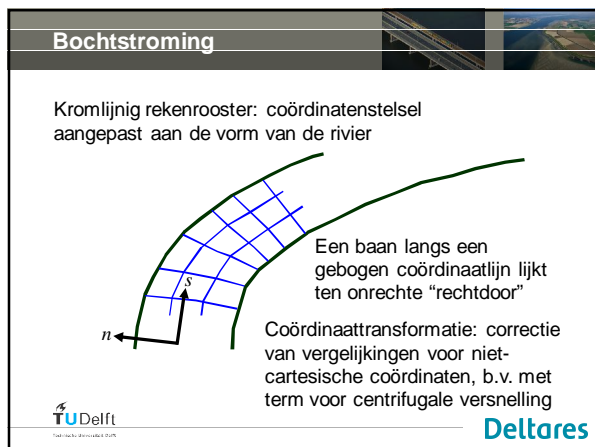
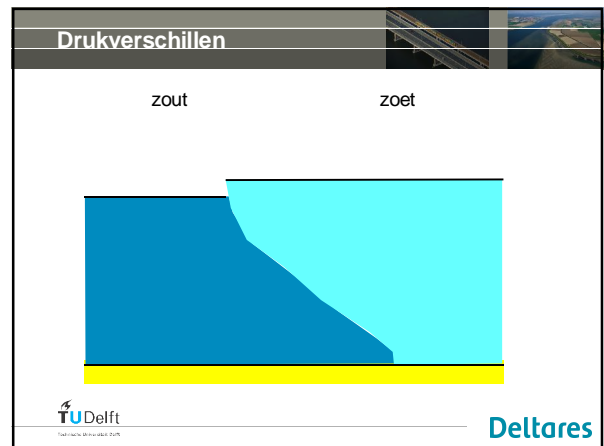
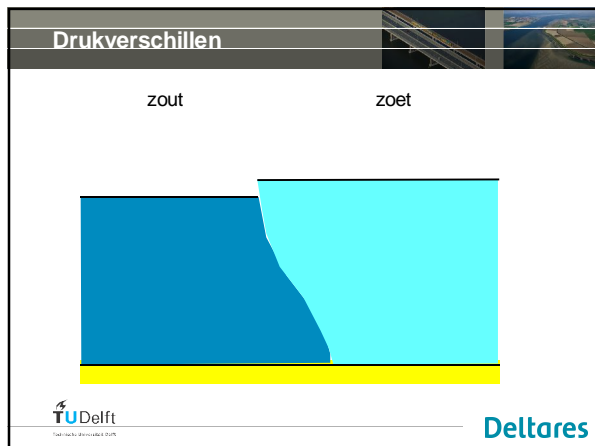
zout zoet

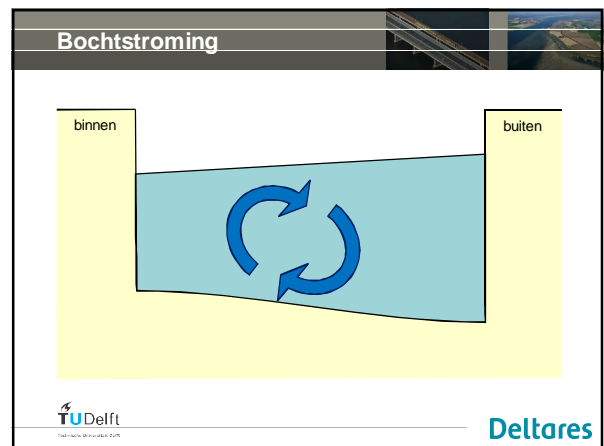
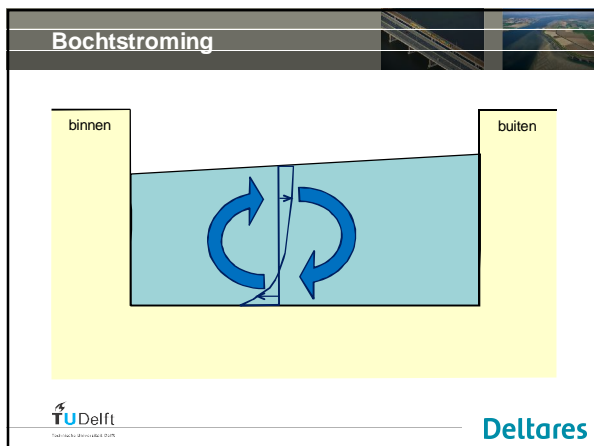
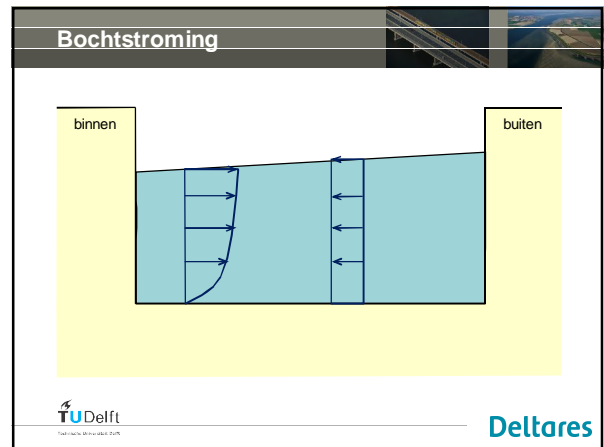
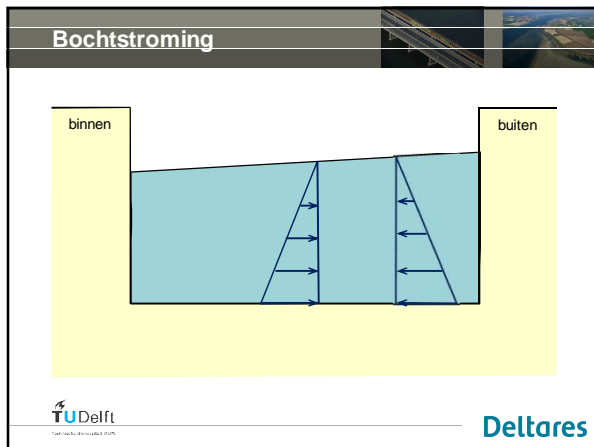
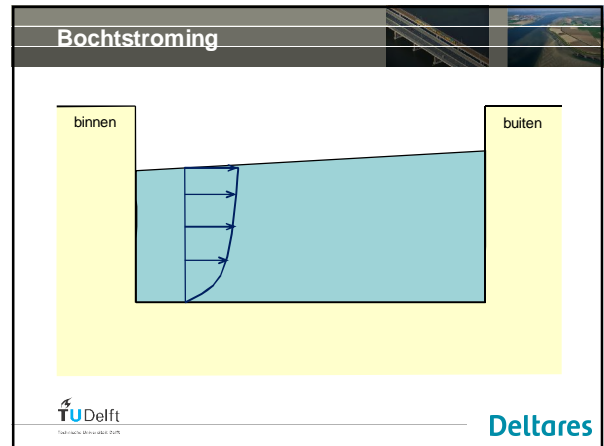
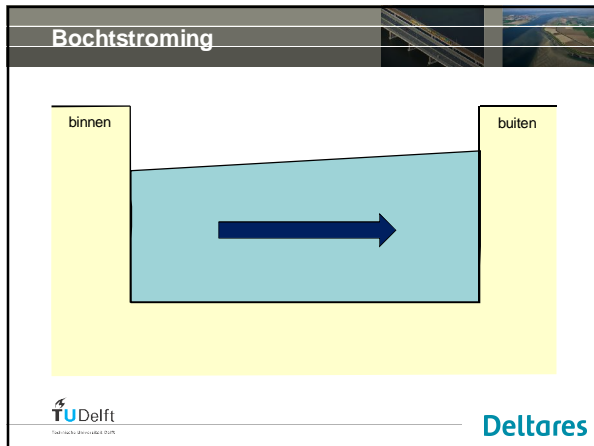
TU Delft Deltares

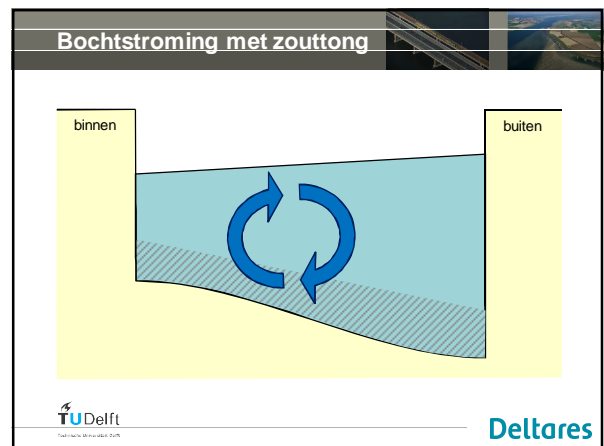
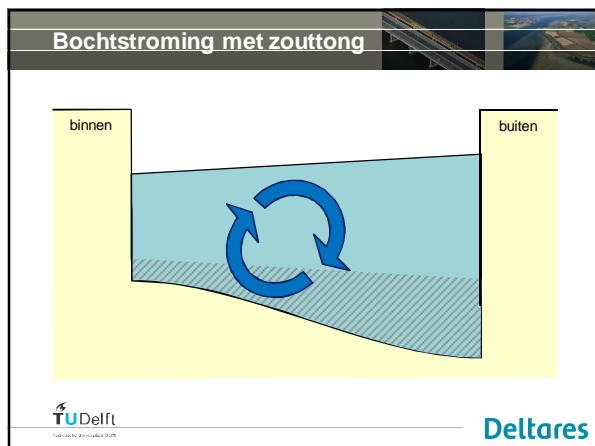
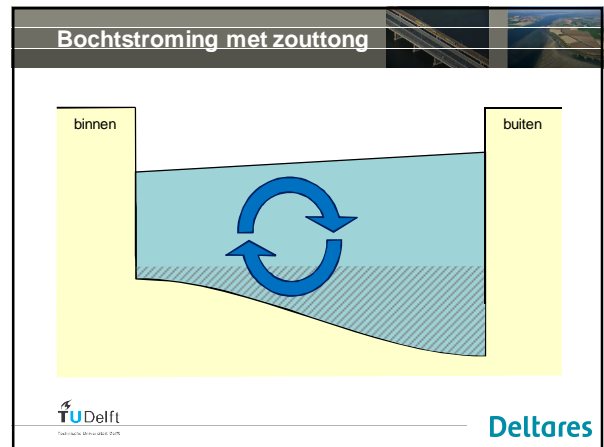
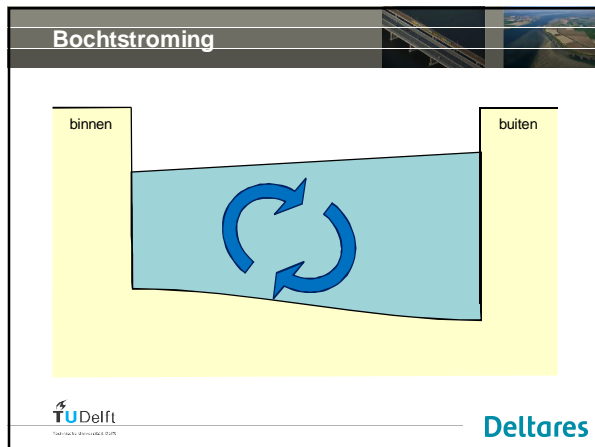
Drukverschillen

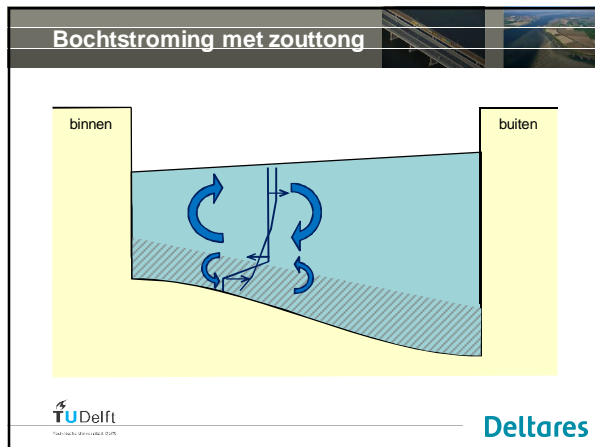
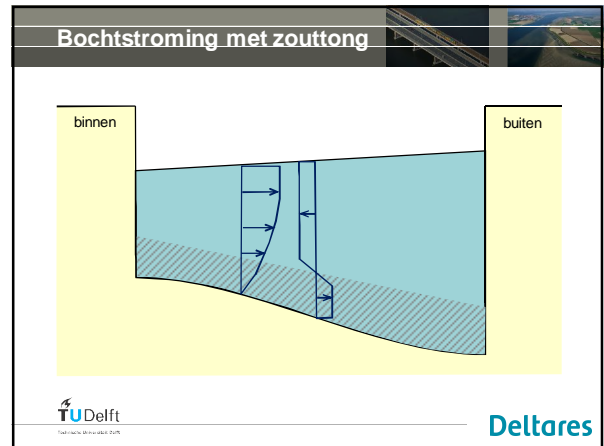
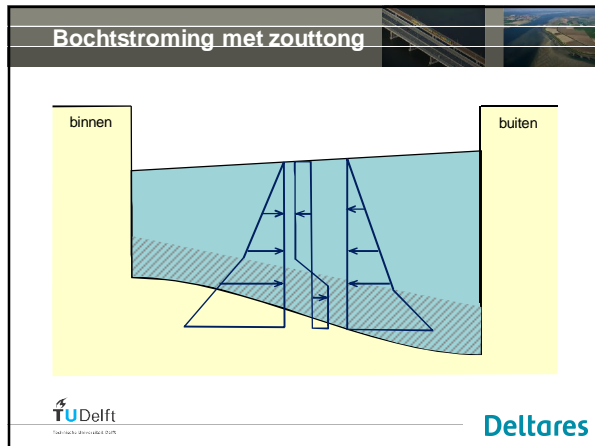
zout zoet

TU Delft Deltares









Bochtstroming met zouttong

Computerberekeningen laten zien:

- Twee cellen van spiraalstromen boven elkaar
- Sterkere spiraalstromen bij stratificatie

Stratificatie beïnvloedt secundaire stromingen en, dus, de morfologische ontwikkeling van de rivierbodem

TU Delft Deltares

