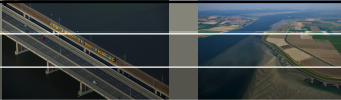




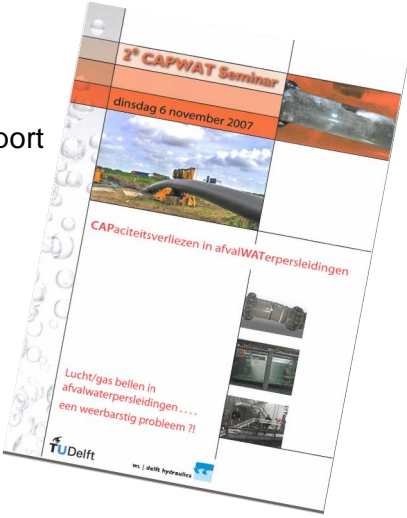
samenvatting CAPWAT-I

3^e CAPWAT seminar
24 juni 2010

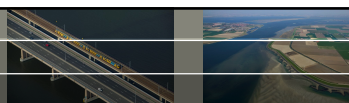
samenvatting CAPWAT



- Tot standkoming project
- Essentie problematiek
- Mechanisme van gasbeltransport
- Resultaten CAPWAT - I



Tot standkoming



Aanleiding:

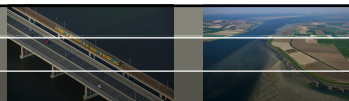
AWP-systeem HHWB:

- energieverlies door aanwezigheid van lucht/gasbellen
- na proppen / ontluchten binnen zeer korte tijd weer ontstaan
- grillig verloop van capaciteitsreductie
- volgens gangbare ontwerpregels geen stagnatie
- extra energieverbruik 30 %



Deltares

Tot standkoming



In 2002 twee workshops voor waterschappen, gemeenten, ingenieursbureau's, STOWA, RIONED met als doel afbakening onderzoeksvoorstel.

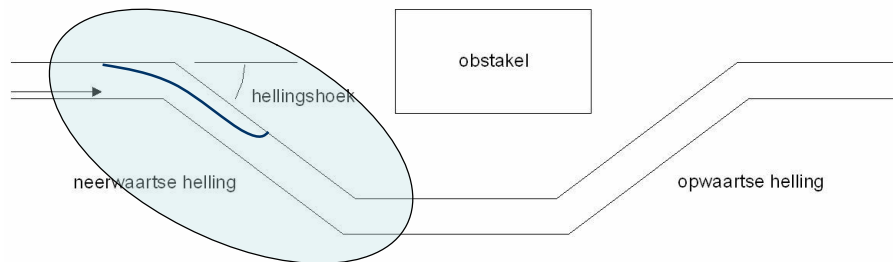
3 jarig onderzoeksprogramma gestart in april 2003 met

- WL | Delft Hydraulics (thans Deltares)
- TU Delft
- 13 waterschappen en gemeenten
- 3 ingenieurbureau's
- STOWA
- RIONED



Deltares

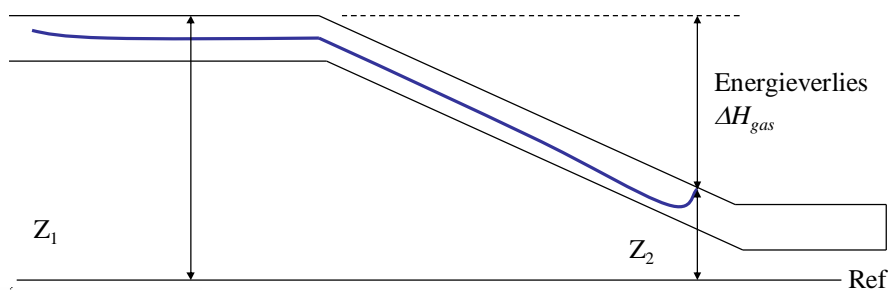
Essentie problematiek



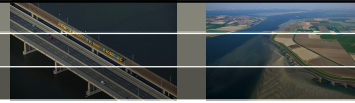
Energieverlies gasophoping

$$\text{Bernoulli: } z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H_{gas}$$

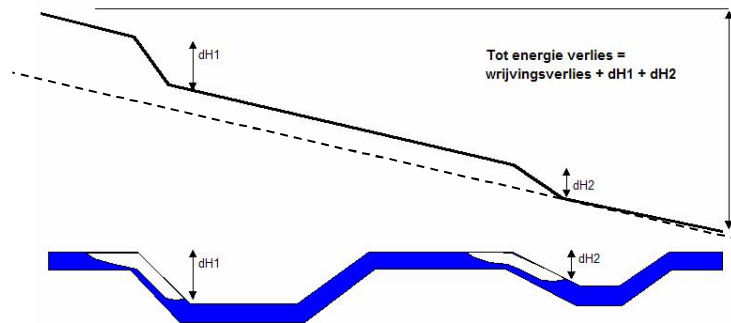
$$\Leftrightarrow \Delta H_{gas} = z_1 - z_2$$



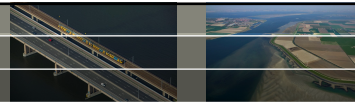
Essentie problematiek



Verhanglijn in een systeem met gasophoping



Essentie problematiek



Oude ontwerpregel:

Kent (1953):

~~$$v_{\min} = 1,62 \sqrt{\xi} \sqrt{g D \sin \alpha} = 1,23 \sqrt{g D \sin \alpha}$$~~

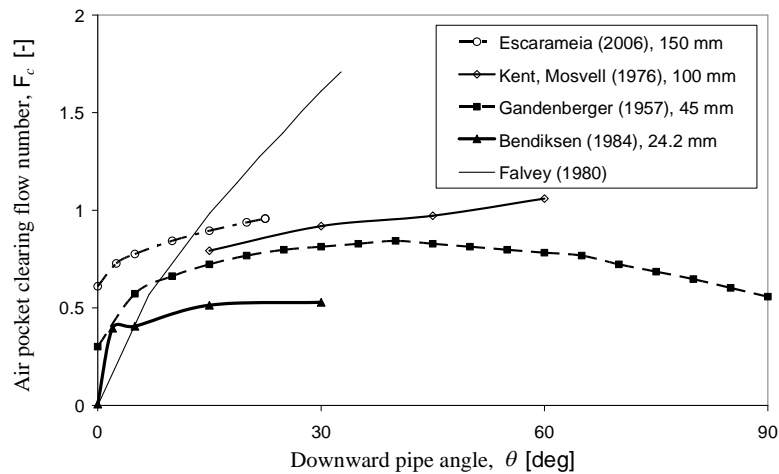
$\xi = 0,58$ bij de door Kent gebruikte 4" leiding (100 mm)

g = gravitatieversnelling

D = buisdiameter

α = hoek neergaande buis met de horizontaal, met geldigheid $15^\circ < \alpha < 60^\circ$

Correlaties tot 2003



Essentie problematiek

Experimentele correlaties geven verschillende waarden
 Geldigheid van de vergelijking niet bekend bij gebruikers

- diameter
- hellingshoek

Beschikbare formules geven geen informatie indien $v < v_{crit}$

Vragen mbt tot situatie $v < v_{crit}$

- Hoe groot kan de gasbel worden?
- Hoeveel energieverlies veroorzaakt dat?
- Hoe lang moet ik stromen om de bel weg te krijgen. Lukt dat überhaupt?
- Invloed diameter, lengte neergaand been, waterkwaliteit

Noodzaak tot meer inzicht omtrent dit fenomeen

Oorzaken - gemaal

Kelder

- luchtinslag bij pomp

Gemaal

- be/ontluchtingsleiding op pomp
- naleveren bij afschakeling pomp
- windketels die leeglopen



Halverwege de leiding

- be-/ontluchters
- ontgassing
 - > sub-atmosferische drukken
 - > bio – chemische reacties

Resultaten CAPWAT-I

Baanbrekend werk van promovendus Christof Lubbers met diverse afstudeerders en stageplaatsen van TU en HBO

Diameters $80 < D < 500$ (perspex, staal)

Hellingshoek $5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 90^\circ$

Lengte dalend been $21 < L / D < 209$

Waterdebiet $0 < Q/A < 2$ m/s

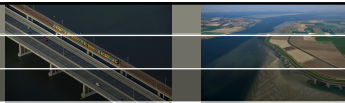
- Dimensieloos stromingsgetal

Lucht-water ratio $0 < r < 0.04$

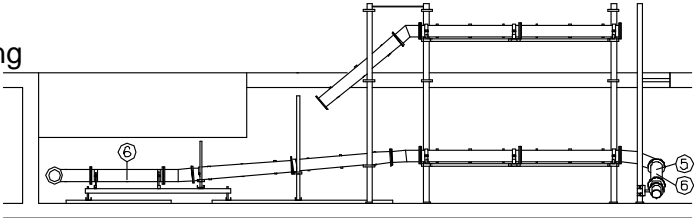
- Bellengte varieert $0 < L_b < L$

Absolute druk $1.3 < p < 2.6$ bar(abs)


Testfaciliteiten



Testopstelling



D=110 mm



TU Delft **Deltares**

Visuele observaties



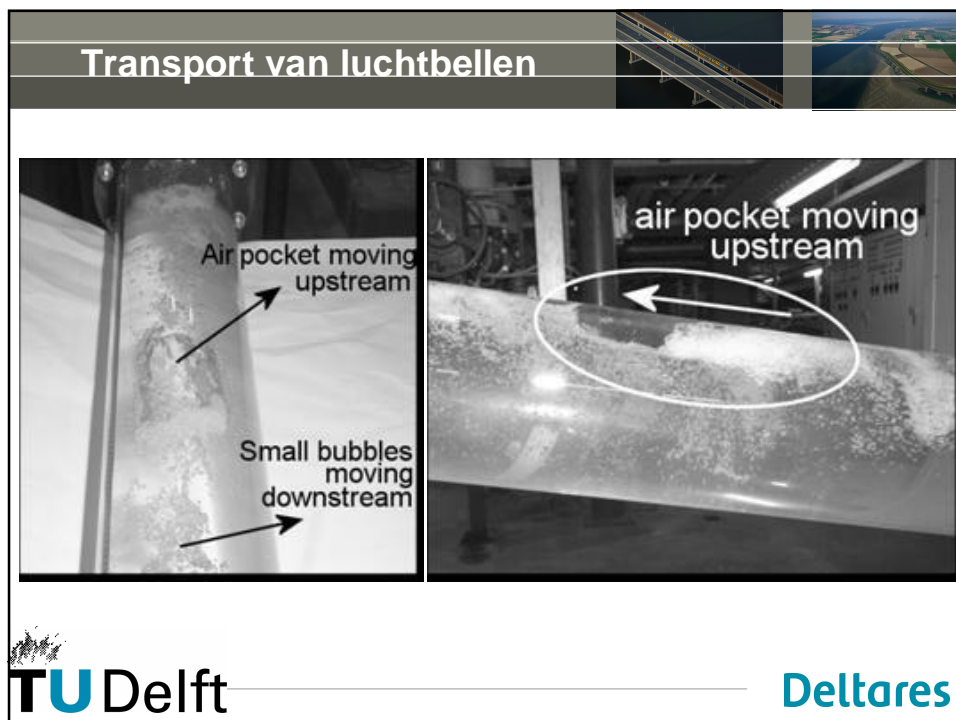
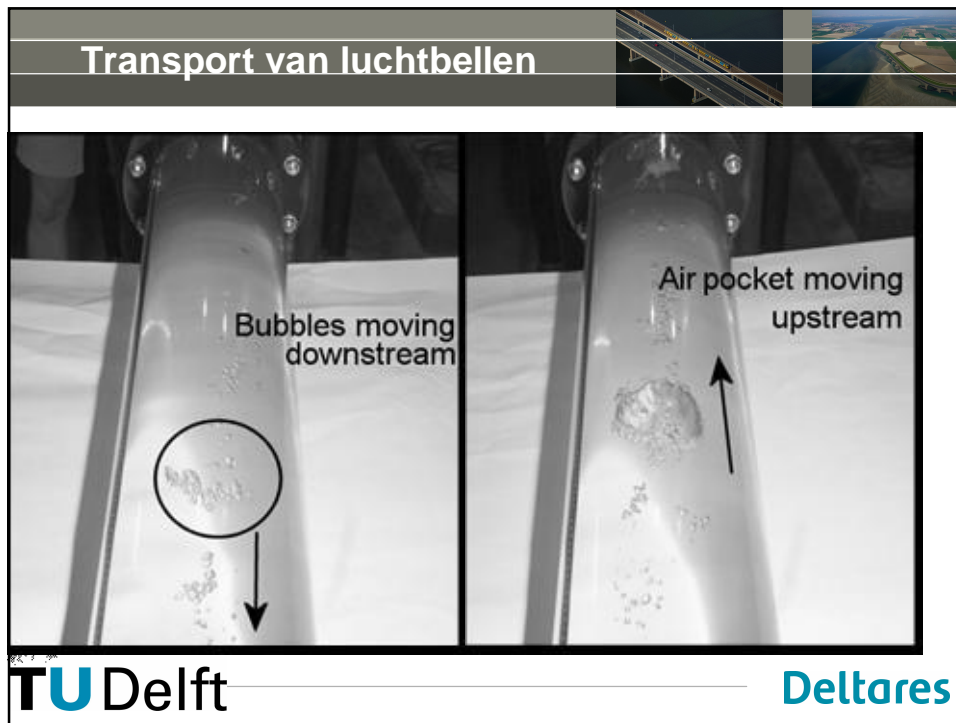
Mechanismes van gastransport

- stromingskracht / opwaartse kracht ratio
- stromingskracht > opwaartse kracht → afvoer gasbel
- opwaartse kracht > stromingskracht → gasbel retour

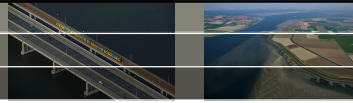
Beide mechanismes kunnen gelijktijdig optreden

- kleine bellen stromen in de stromingsrichting
- grotere bellen stromen tegen de stromingsrichting in

TU Delft **Deltares**



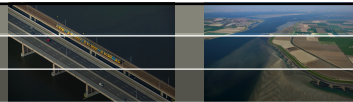
Visualisatie gedrag luchtbel



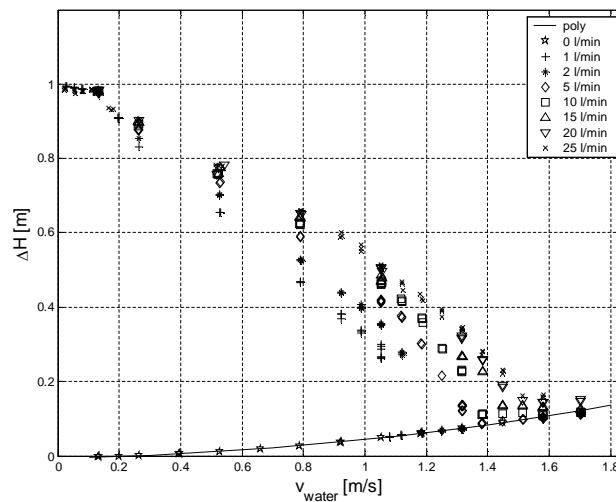
Film
 $D = 150 \text{ mm}$ 10 gr
 $V = 0,75 \text{ m/s}$
 $F = 0,62$



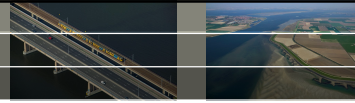
Energieverliesmetingen



10 graden



Resultaten CAPWAT-I



Dimensieloze variabelen

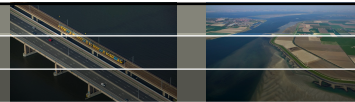
Energieverlies ~ hoogteverschil dalend been

$$\frac{\Delta H_{gas}}{L \sin \theta}$$

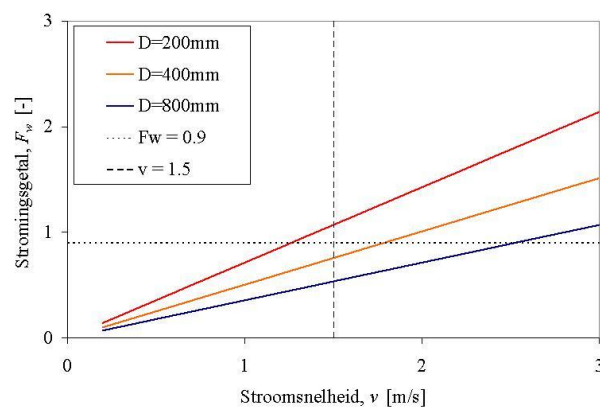
Stromingsgetal F

$$F = v / \sqrt{gD}$$

Resultaten CAPWAT-I



Geen stagnatie: $F > 0.9$



Conclusies 2007

- Inzicht in fysische processen
 - Stagnatie en afbraak
- Bestaande correlaties te optimistisch
 - Vooral bij typische hoeken voor horizontaal gestuurde boringen
- Gasafvoer afhankelijk van hellingshoek en diameter
 - $F_c = 0.9$
- Grootste gasafvoer bij 90°
 - $F_c = 0.4$

Maar

Onderzoeksvragen 2007

- Invloed lengte dalend been ($L_{\max} = 57 \cdot D$)
- Invloed kleinere diameter
- Invloed waterkwaliteit
- Generiek rekenmodel gastransport
- Preventie luchtinname