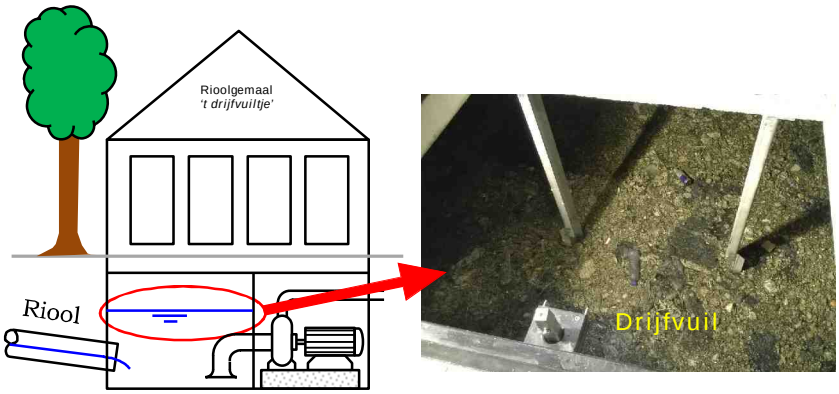
# Onderzoek naar transport van drijfvuil in ontvangstkelders met vortexen

CAPWAT Community of Practice - 16 maart 2016




TU Delft

Gemeente Rotterdam

## Inhoud presentatie

1. Introductie onderzoek
2. Probleemstelling en doel van het onderzoek
3. Experimenteel haalbaarheidsonderzoek
4. Ontwerp theoretische vortex transport model
5. Experimentele validatie vortex transport model

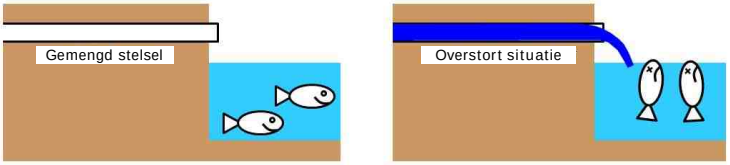
## Introductie onderzoek

- Richtlijnen ontwerp van ontvangstkelders afvalwatergemalen zijn gericht op verkrijgen goede aanstroomcondities pompen.
- Goede aanstroomcondities leidt vaak tot lage stroomsnelheden.
- Lage snelheden zijn negatief voor afvoer drijfvuil. Gevolg is dat ontvangstkelders vervuilen door vet en ander drijfvuil.

## Introductie onderzoek

## Enkele gevolgen van 'het probleem'

- Drijfvuil verhoogt kans op pompuitval. Pompuitval kan leiden tot een 16% toename in overstortend rioolwater (Korving, J.L., Clemens, F.H.L.R., and van Noortwijk, J.M., 2006)




- Vet en drijflagen leiden tot hoge jaarlijkse kosten voor reinigen ontvangstkelders en onderhoud pompen (budget gemeente Rotterdam voor reinigen is circa € 300.000 per jaar…).
- Voor heel Nederland tientallen miljoenen euro's per jaar??

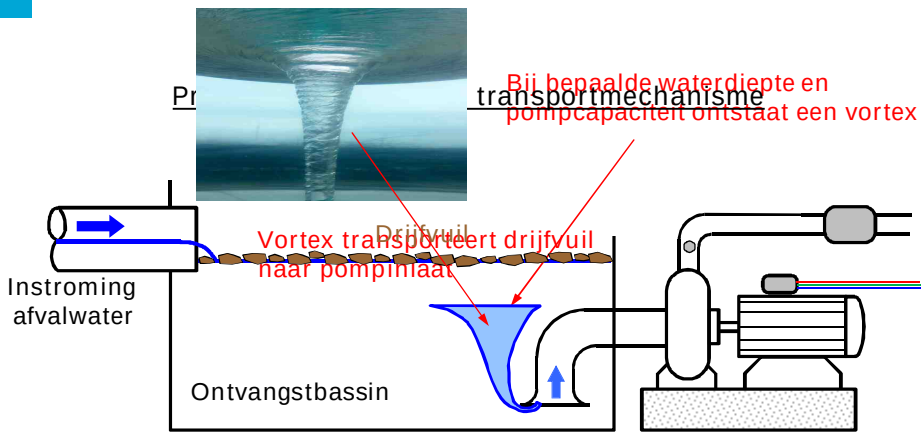


## Doel van het onderzoek

- Verkrijgen kennis van de mechanismen achter:
  - Formatie en;
  - Degradatie van drijflagen in zuigkelders van afvalwatergemalen.
- Kennis gebruiken voor aanpassing bestaande richtlijnen voor ontvangstkelderontwerp afvalwatergemalen.
- Onderzoek gericht op twee potentiele mechanismen voor tegengaan formaties van vet- en drijflagen:
  - Horizontaal transport door vervuiling in suspensie houden
  - Vertikaal transport drijfvuil door vortexen

## Principe van transport met vortexen

'Vertikaal' transport van drijfvuil naar de zuigmond met behulp van een oppervlakte vortex (draaikolk):

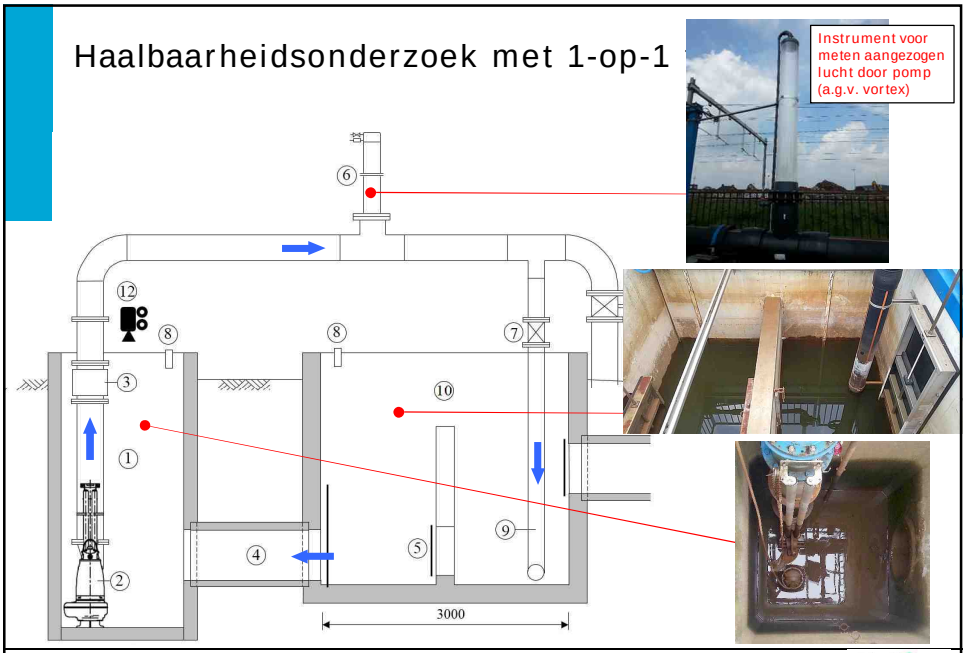





## Haalbaarheidsonderzoek met 1-op-1 testopstelling

- Hypothese van vortex als potentieel transportmechanisme wordt getoetst in een 1-op-1 schaal experimentele pompput
- Geanalyseerd wordt of opgewekte vortex krachtig genoeg is voor transport van kunstmatig drijvend materiaal.

## Haalbaarheidsonderzoek met 1-op-1






## Haalbaarheidsonderzoek met 1-op-1 testopstelling

### Experimentele procedure

1. Onderzoek naar opwekken ‘stabiele’ vortex;
2. Onderzoek naar vortex als functie van verschillende pompcapaciteiten (100 - 400 m3/h)
3. Wat is de interactie tussen het opwekken / in stand houden van vortex en de aanwezigheid van een drijflaag;

## Haalbaarheidsonderzoek met 1-op-1 testopstelling

### Experimentele procedure

- Initieel gebruik gemaakt van volgende materiaal als drijflaag:

EPS parels Ø3 - 5 mm

- Parels hebben zeer hoog drijfvermogen en vormen goede eerste test voor vortex als transport mechanisme.



## Haalbaarheidsonderzoek met 1-op-1 testopstelling

### Experiment met schoon water

t = 0 s t = 60 s t = 120 s t = 180 s t = 300 s

→ Ongeveer 40% van de tijd formatie van sterke luchtaanzuigende vortex

## Haalbaarheidsonderzoek met 1-op-1 testopstelling

Experiment met schoon water

## Haalbaarheidsonderzoek met 1-op-1 testopstelling

Experiment met drijflaag van samengekleefde parels

t = 0 s t = 60 s t = 120 s t = 180 s t = 300 s

→ Geen formatie van sterke free-surface vortex

→ Geen transport van parels

## Haalbaarheidsonderzoek met 1-op-1 testopstelling

Experiment met drijflaag van samengekleefde parels

## Haalbaarheidsonderzoek met 1-op-1 testopstelling

Waarom geen formatie van sterke free surface vortex?

- Door combinatie cohesieve krachten & oppervlaktespanning kleven parels aan elkaar en vormen gesloten drijvende laag…

- Er vormt geen circulatie in de stroming en daardoor ook geen vorticiteit wat noodzakelijk is voor de formatie van vortexen…

## Haalbaarheidsonderzoek met 1-op-1 testopstelling

Experiment met gelijke condities maar gesloten laag parels is opgebroken in *plukjes* samenklevende parels...

t = 0 s  t = 60 s  t = 120 s  t = 180 s

→ Formatie van sterke free-surface vortex

→ Transport van parels



## Haalbaarheidsonderzoek met 1-op-1 testopstelling

Experiment met gelijke condities maar gesloten laag parels is opgebroken in *plukjes* samenklevende parels...

## Conclusies haalbaarheidsonderzoek

- Geen optreden van oppervlakte vortex in reeds gesloten drijflaag van polystyreen parels.
- Wel optreden van sterke vortex in opgebroken drijflaag van polystyreen parels.
- Oppervlakte vortex is dus een potentieel mechanisme voor transport van materiaal met hoog drijfvermogen naar zuigmond.
- Op basis van eerste resultaten is een *theoretisch vortex transportmodel (VTM)* ontwikkeld.



## Theoretisch vortex transport model (VTM)

Opbouw model:

**Vortexmodel**

- Circulatie / vorticiteit;
- bassingeometrie;
- pompcapaciteit;
- waterdiepte;

$$f\left(\frac{\Gamma D}{Q}, \frac{h}{D}, \frac{Q}{A\sqrt{2gh}}, \frac{b}{D}, \frac{Q}{\upsilon h}, \frac{\varrho Q^2 h}{A^2 \sigma}\right) = 0$$

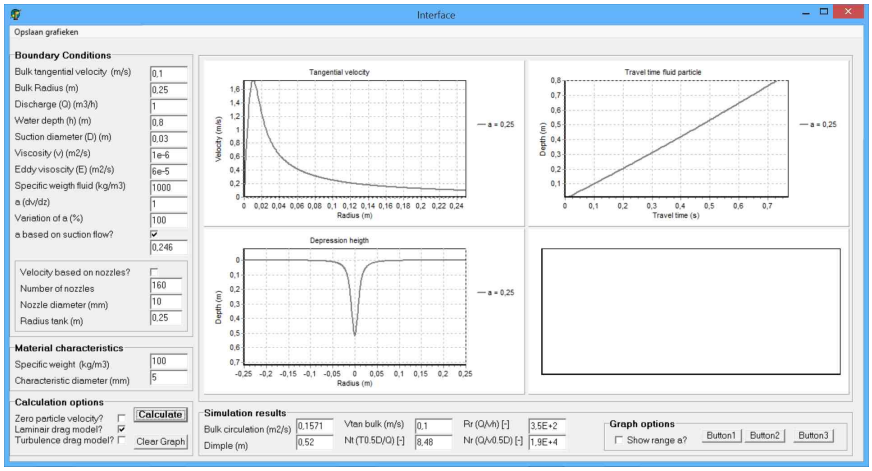
**Transportmodel**

- Dichtheid drijfvuil;
- karakteristieke afmeting vuil;
- Laminair / turbulent sleepspanningsmodel;

$$\frac{d\vec{V}_p}{dt} = \frac{(F_g - F_B)}{m_p} e_g + \frac{F_c}{m_p} e_r + \frac{\vec{F}_D}{m_p}$$

## Theoretisch vortex transport model (VTM)

Voorbeeld user interface:

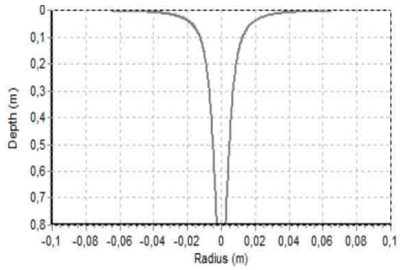





## Theoretisch vortex transport model (VTM)

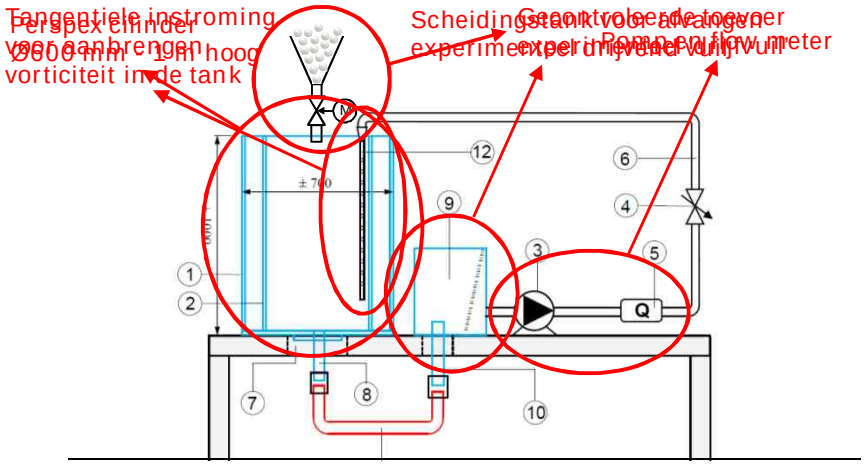
Doel van het model:

- VTM berekent de transportpotentie en capaciteit van een vortex als functie van karakteristieke parameters.
- VTM als tool voor bepalen haalbaarheid van vortextransport in bestaande rioolgemalen.



## Validatie vortex transport model (VTM)

VTM valideren met experimentele opstelling (lab. Deltares)






## Validatie vortex transport model (VTM)

Fysieke experimentele opstelling

Experimenten starten deze week dus...

wordt vervolgd!

Dank voor jullie aandacht!