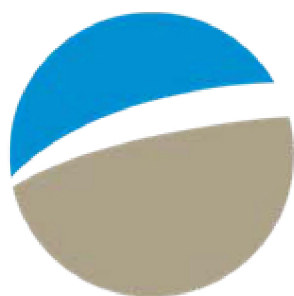


Workshop aanslibbing DGD  
15 juni 2010

# Aanslibbing Deurganckdok

Resultaten en analyse van de meetgegevens

Boudewijn Decrop, Bob Declercq, Johan Melotte, Mark  
Bollen



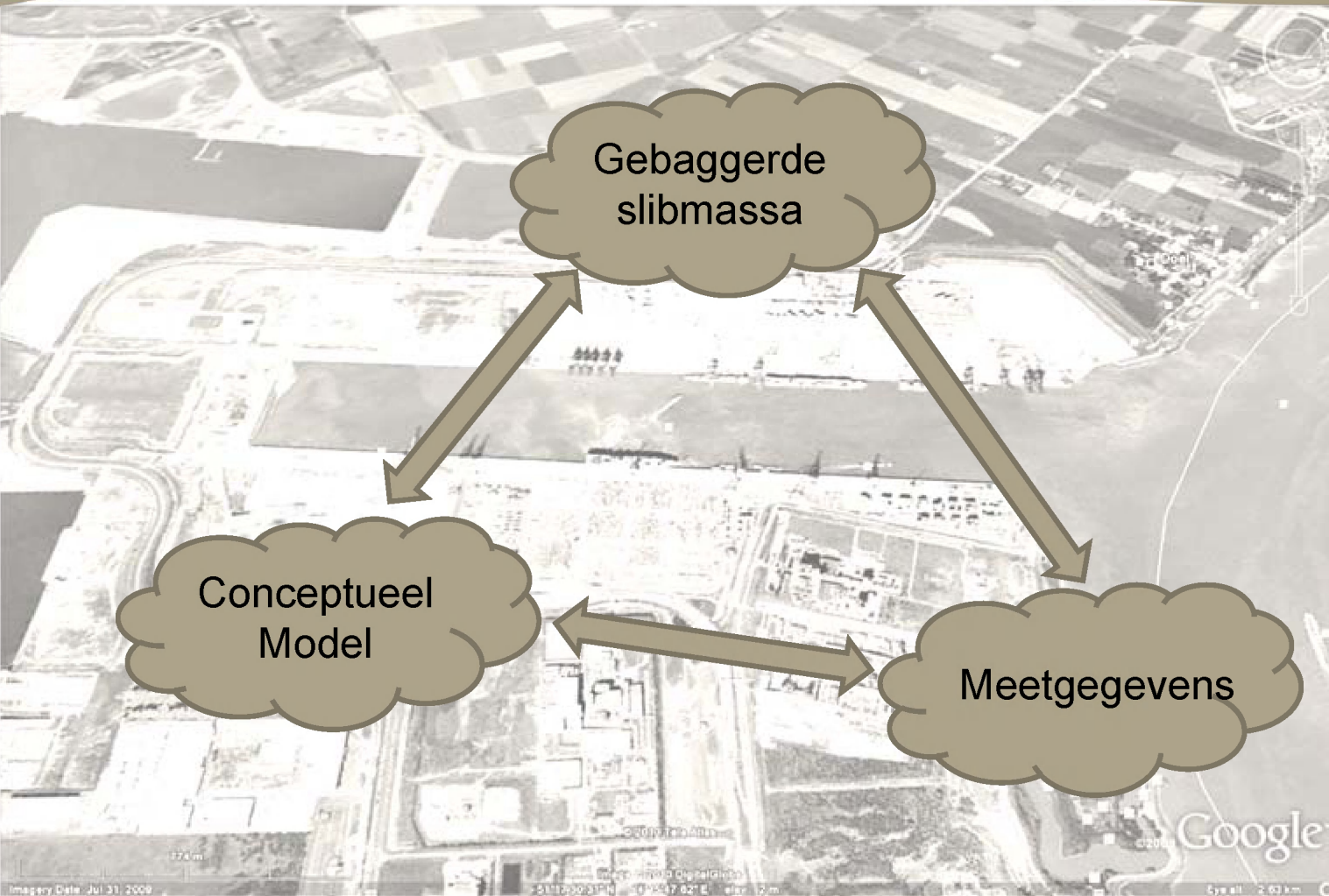
**IMDC**

International Marine & Dredging Consultants

# Inhoud

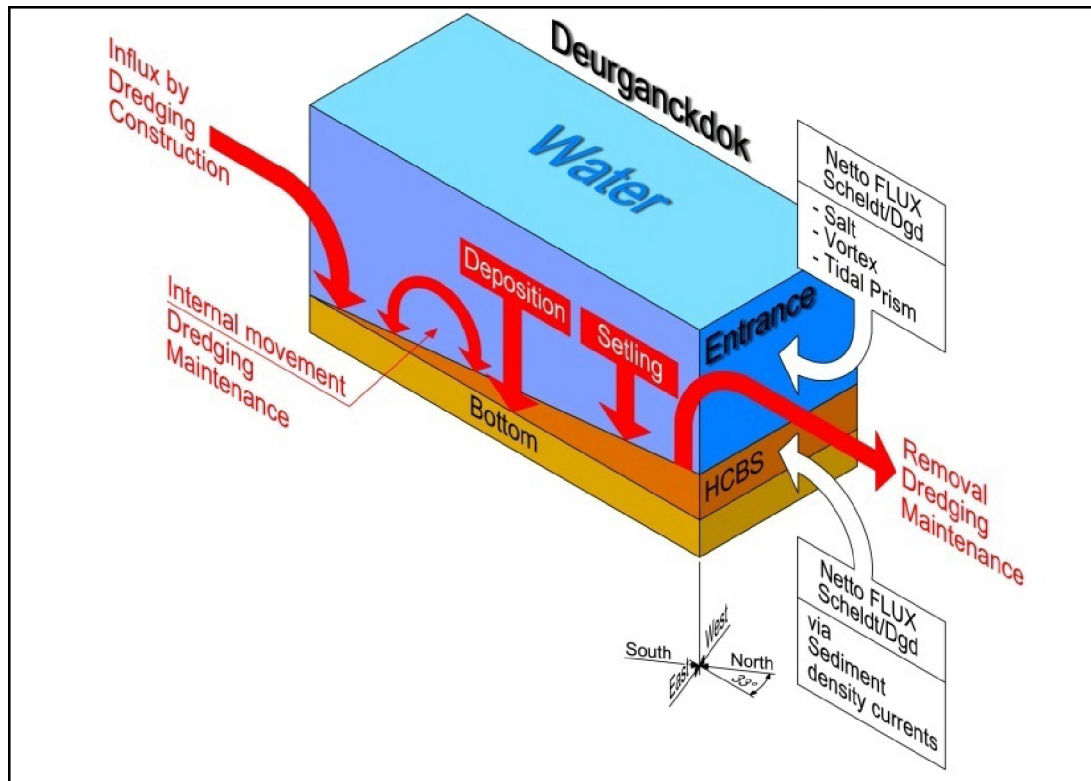
- 1. Doel van de studie**
- 2. Slibbalans *in* het dok**
  - Meetgegevens
  - Analyse
- 3. Invloedsfactoren *Schelde***
  - Meetgegevens
  - Analyse
- 4. Conceptueel model sediment influx**
- 5. Conclusies**

# Inhoud



# 1. Doel van de studie

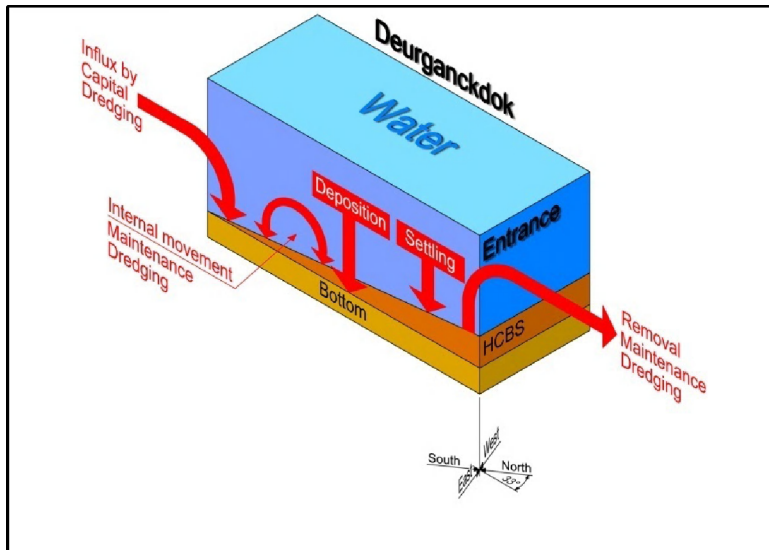
- “Monitoring en analyse van de dynamiek van de aanslibbing van het Deurganckdok” (DGD)



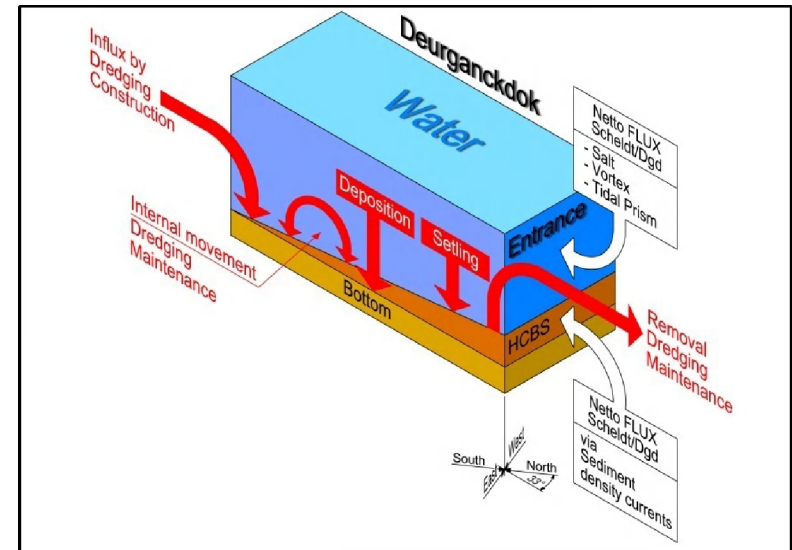


# 1. Doel van de studie

- 2 Deelopdrachten



- ⇒ focus: slibbalans in Deurganckdok
- ⇒ studie: lokale slibverdeling + evolutie slibbed: (volume- en massabalans)



- ⇒ focus: invloedsfactoren op aanslibbing
- ⇒ studie: sedimentflux ingang
- ⇒ voorspelling aanslibbing *in* dok

# 1. Doel van de studie

→ Meetcampagnes op twee niveau's

- Monitoring slibbalans in DGD
- Monitoring ingang DGD en Beneden Zeeschelde

2.

# **SLIBBALANS IN HET DEURGANCKDOK**

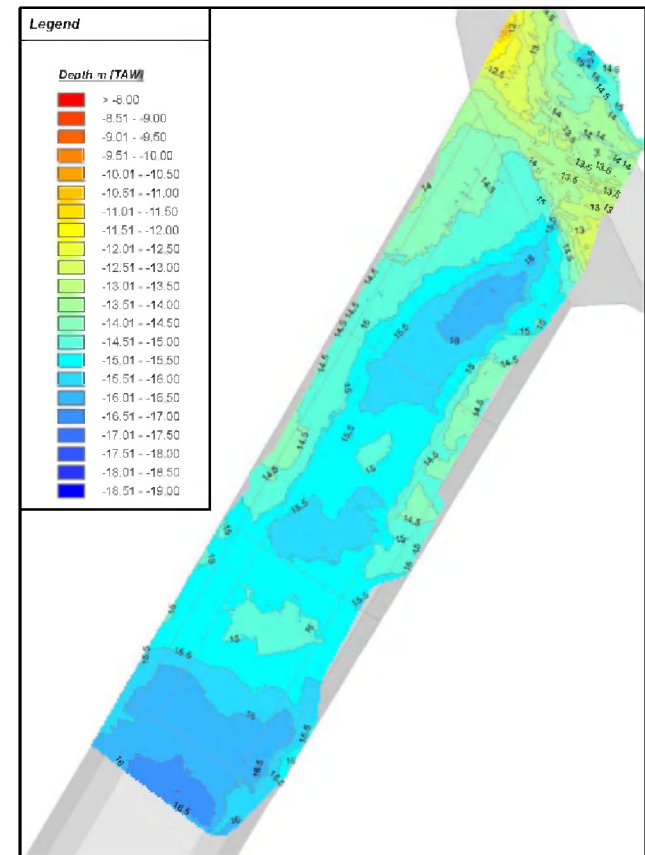
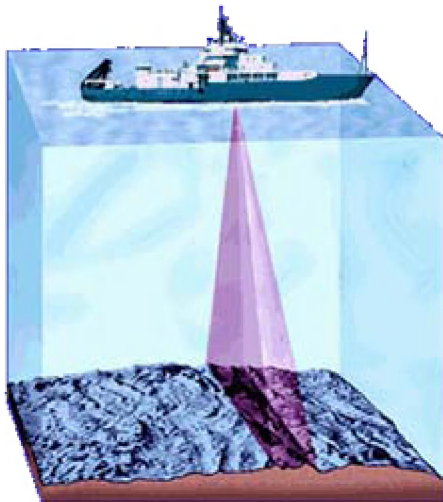
## 2. Slibbalans *in* het dok

- Meetgegevens
  - Peilingen
  - Densiteitsprikken
  - BIS gegevens
- Analyse
  - Volumetrische slibbalans
  - Massa-slibbalans



## 2. Slibbalans *in* het dok

- Meetgegevens
  - ⇒ 1/ peilingen:
    - 210 kHz echo-sounder
    - meting hoogte slibbed

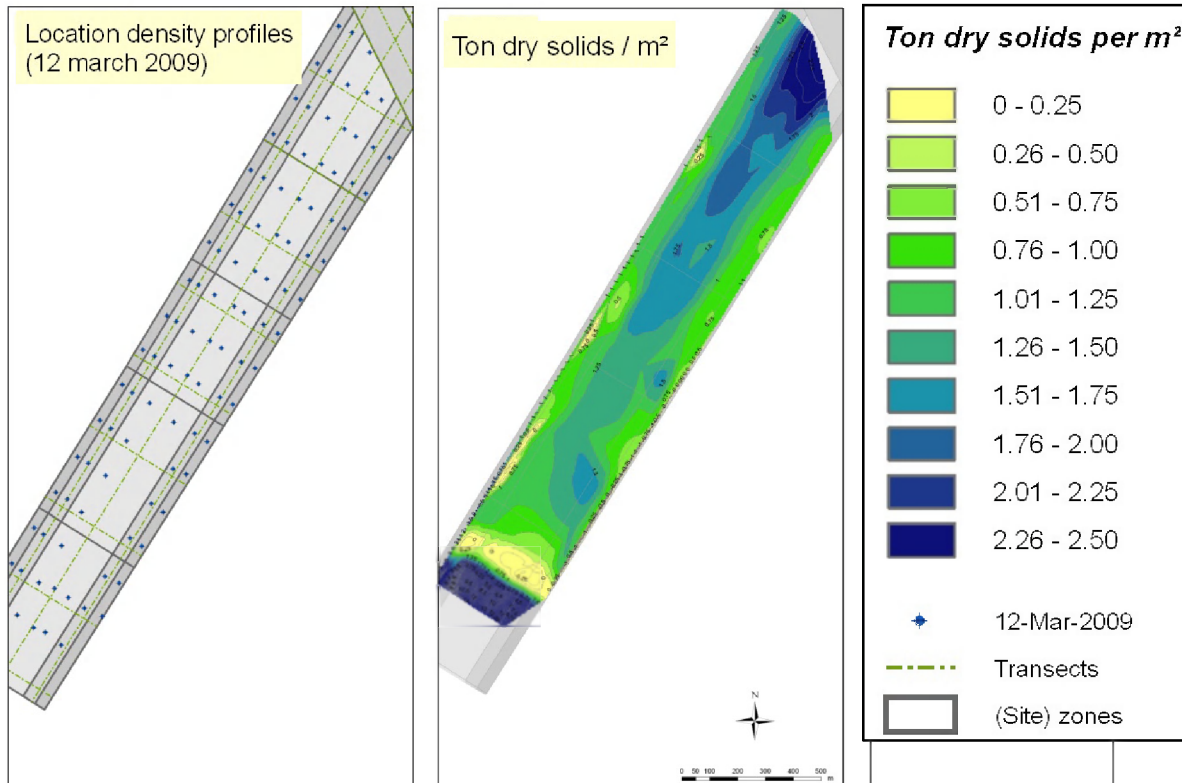


## 2. Slibbalans *in* het dok

- Meetgegevens

⇒ 2/ densiteitsprofielen van de bodem

- Met Navitracker: gebaseerd op  $\gamma$ -transmissie
- Integratie over profiel = Bodemmassa/m<sup>2</sup>



## 2. Slibbalans *in* het dok

- Meetgegevens

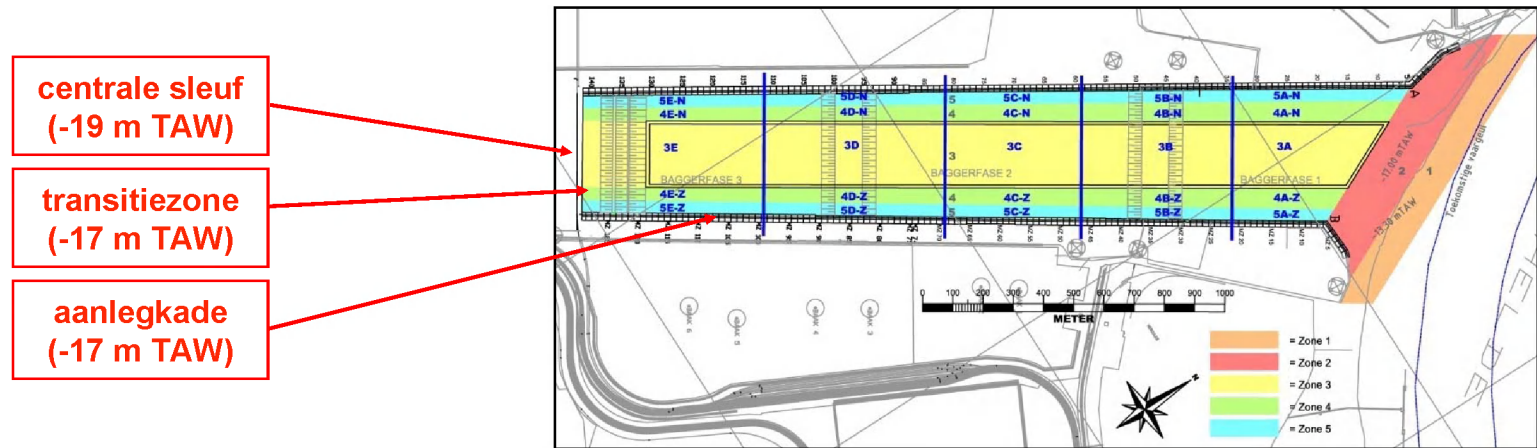
⇒ 3/ onderhoudsbaggerwerken:

- BIS-databank: ruimtelijke spreiding van baggervolume en –gewicht (wordt gebruikt voor berekening gebaggerde massa droge stof)
- sweepbeam gegevens: trajecten en diepte ploeg



## 2. Slibbalans *in* het dok

- Analyse



### 1. volumetrische aanslibbingssnelheid (cm/dag)

⇒ o.b.v. sequentiële peilingen (multi-beam echo-sounding)

### 2. ruimtelijke spreiding sedimentmassa (kg/m<sup>2</sup>)

⇒ o.b.v. verticale integratie densiteitsprofielen (Navitracker)

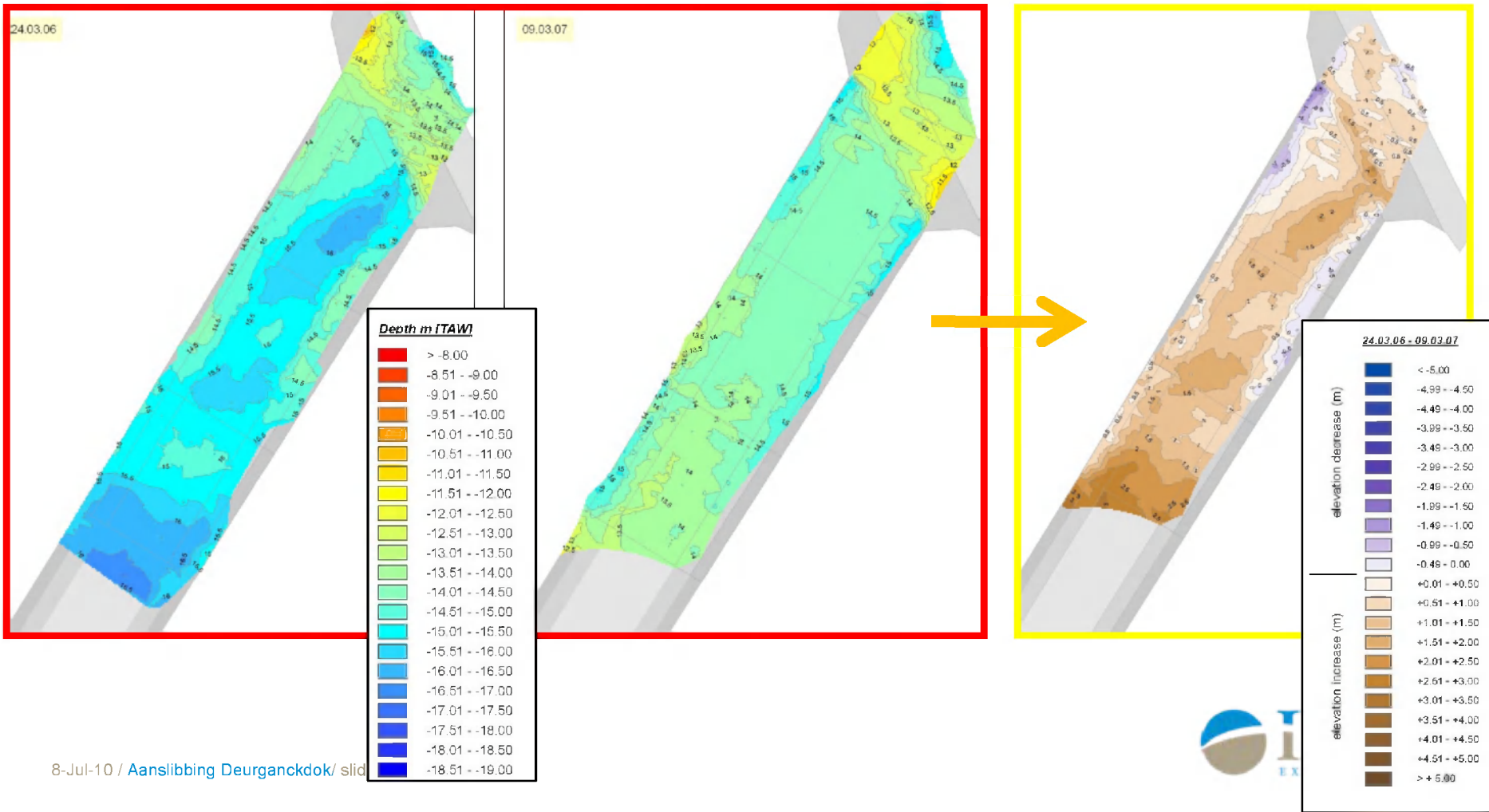
### 3. densimetrische aanslibbingssnelheid (kg/m<sup>2</sup>/dag)

⇒ o.b.v. sequentiële campagnes met densiteitsprikken (Navitracker)



## 2. Slibbalans *in* het dok

### 1. volumetrische aanslibbingssnelheid

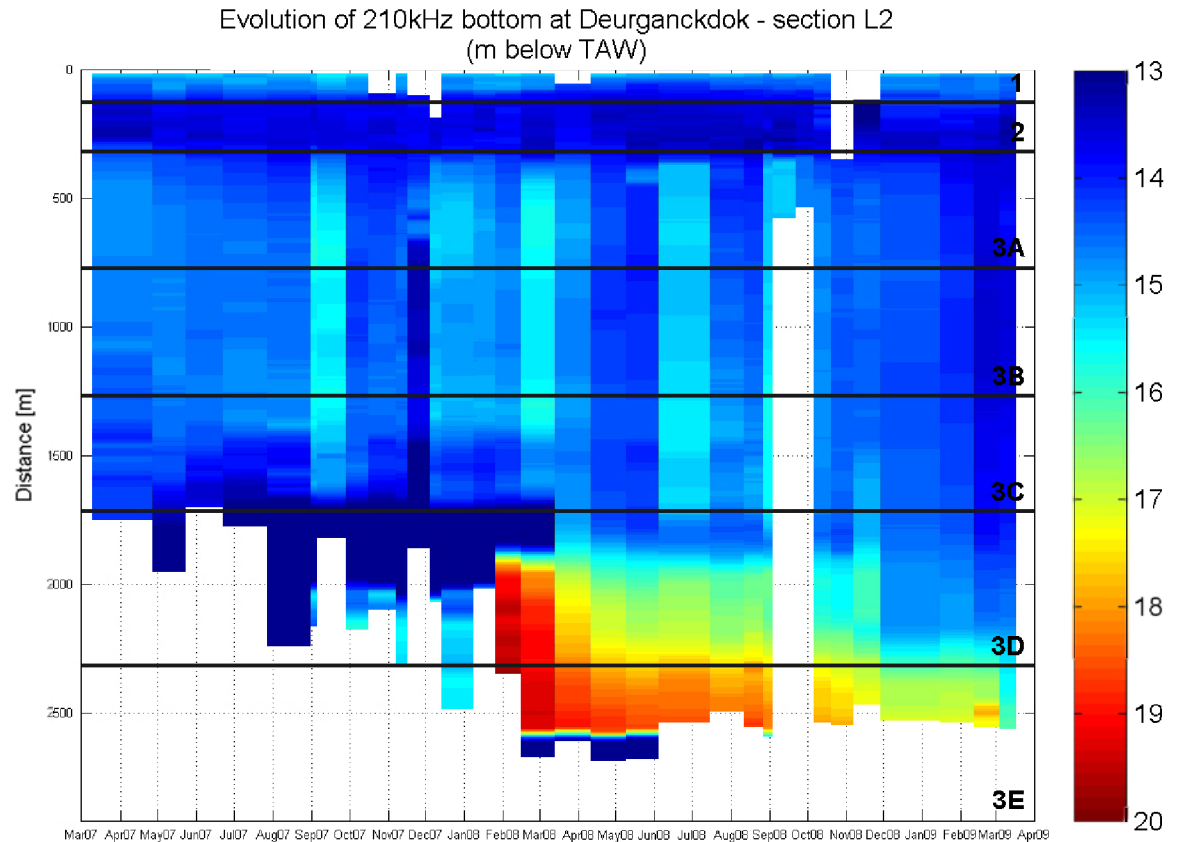


## 2. Slibbalans *in* het dok

### 1. volumetrische aanslibbingssnelheid

⇒ o.b.v. verschillende echo-sounding datasets

⇒ DGD opgedeeld in zones/secties (bvb: centrale sleuf DGD= sectie L2)

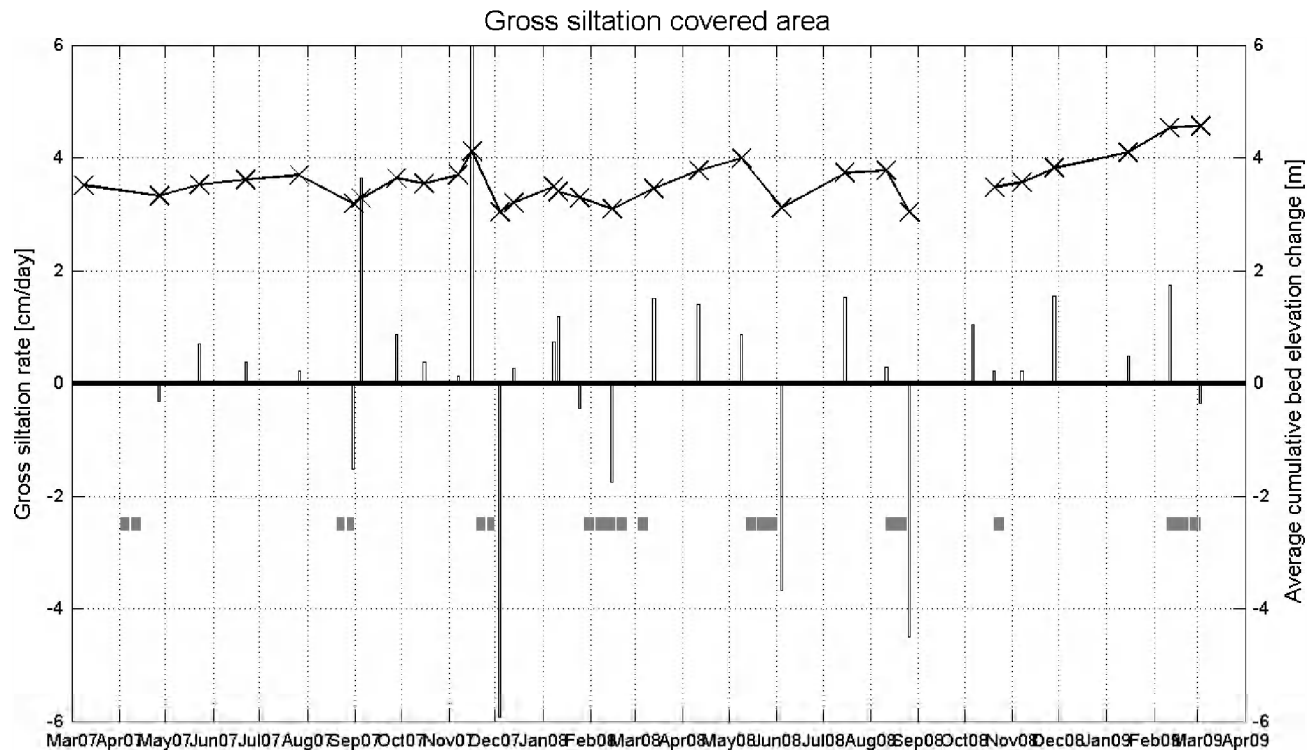




## 2. Slibbalans *in* het dok

### 1. volumetrische aanslibbingssnelheid

⇒ dokgemiddelde natuurlijke aanslibbingssnelheid: 0,5 – 1,5 cm/dag

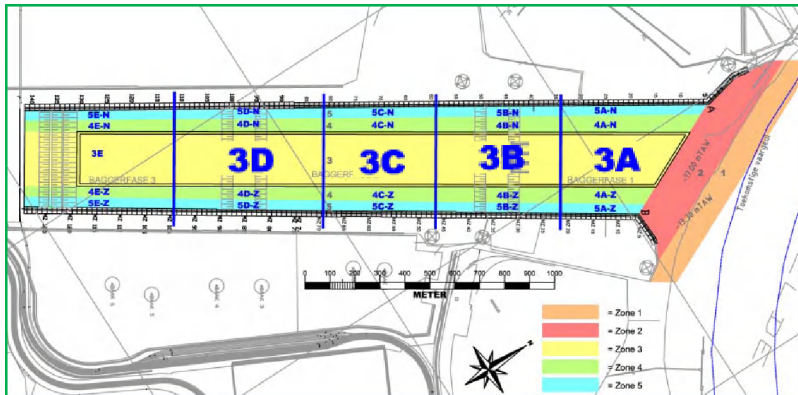


 Siltation rate  210kHz Bed El. change  Dredging

## 2. Slibbalans *in* het dok

Voorbeeld: 4/6/08 - 11/8/08

| ZONE | Cm/dag |
|------|--------|
| 3a   | 1.59   |
| 3b   | 1.22   |
| 3c   | 0.80   |
| 3d   | 0.31   |



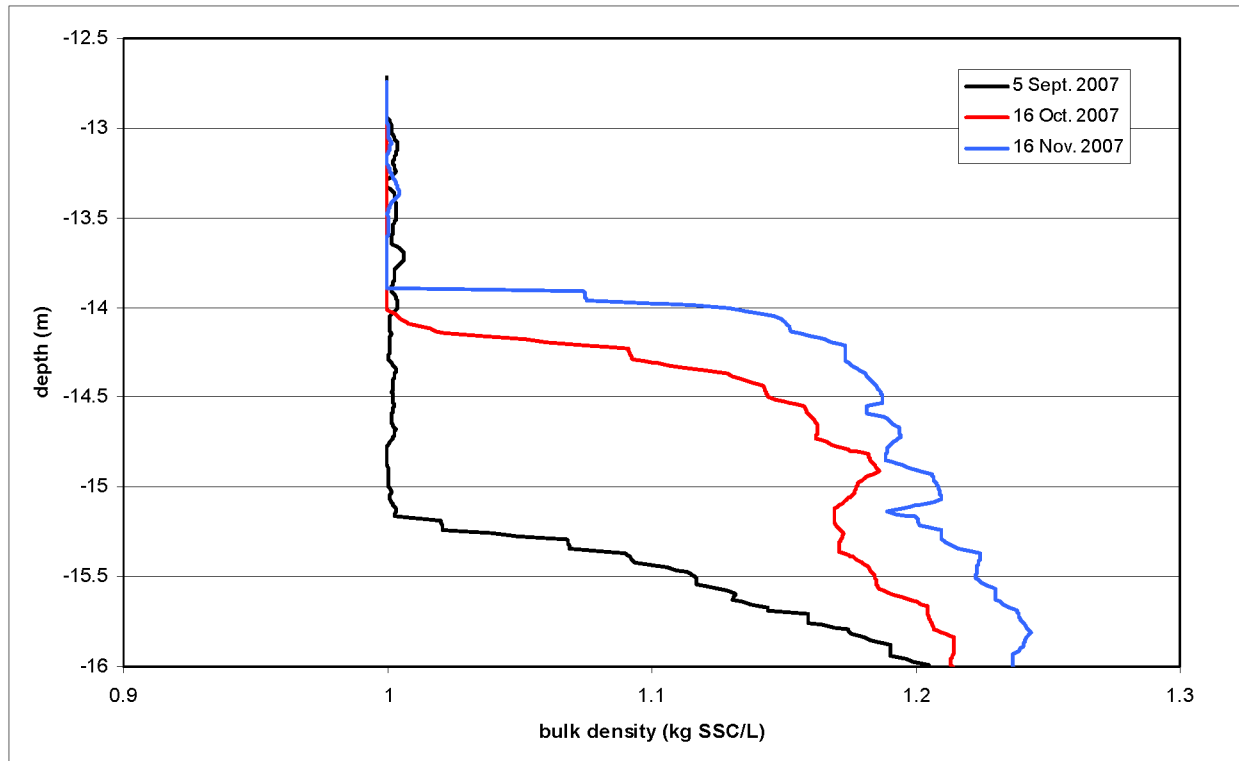
- aanslibbingssnelheid neemt af dieper in het dok
- Grootste aanslibbingssnelheid net na baggercampagnes



## 2. Slibbalans *in* het dok

### 2. Bepalen sedimentmassa

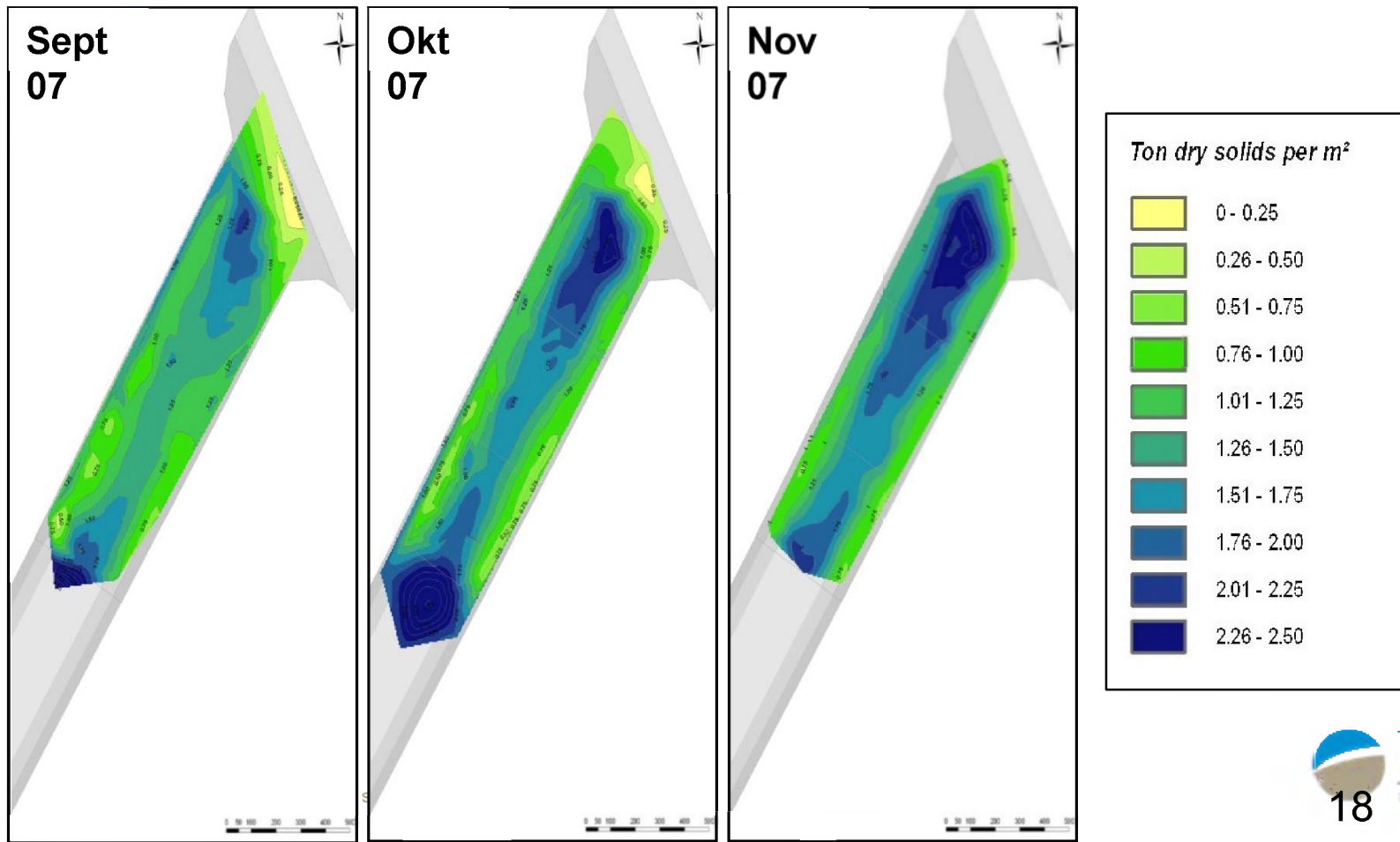
- ⇒ 18 meetcampagnes met Navitracker
- ⇒ interessant zijn de campagnes in “ongestoorde” aanslibbingscondities



## 2. Slibbalans *in* het dok

### 2. Bepalen sedimentmassa

⇒ ruimtelijke verdeling sedimentmassa



## 2. Slibbalans *in* het dok

### 2. Evolutie sedimentmassa (**massabalans**)

Rate of change of mass in DGD:

$$\frac{dM_s}{dt} = F_{siltation} - \underbrace{F_{erosion} \pm F_{sweepbeam} \pm F_{capitaldredging}}_{=0} - \frac{dM_{maindredge}}{dt}$$

→ Net mass siltation rate in DGD:

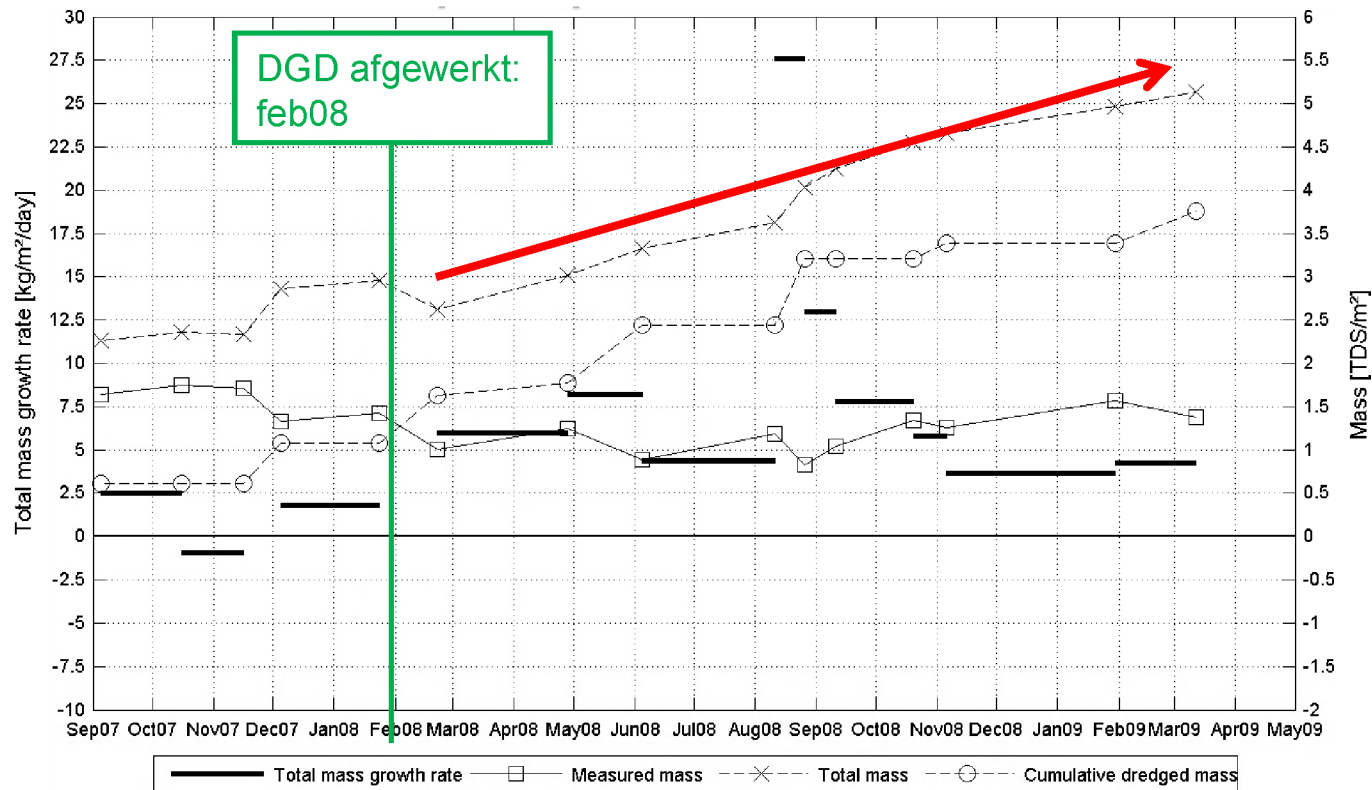
$$F_{siltation} = \frac{\Delta M_{meas} - \Delta M_{maindredge}}{\Delta t}$$



## 2. Slibbalans *in* het dok

### 3. Evolutie sedimentmassa (massabalans)

⇒ gemiddelde natuurlijke aangroeisnelheid = 4 tot 8 kg/m<sup>2</sup>/dag



## 2. Slibbalans *in* het dok

- volumetrische balans:
  - ⇒ volumetrische aanslibbing:  $\sim 1$  cm/dag
  - ⇒ aanslibbingssnelheid neemt af naarmate verder van Schelde
  - ⇒ gemiddeld bodemniveau 4m boven aanlegdiepte (= **4.25 Mm<sup>3</sup>**)
- massabalans:
  - ⇒ aangroei sedimentmassa: 4 – 8 kg/m<sup>2</sup>.dag
  - ⇒ maximale aangroeisnelheid in centrale sleuf
  - ⇒ gemiddelde jaarlijkse massa influx = **1.02 mln TDS** (Ton droge stof)  
(1 TDS = +/- 3 m<sup>3</sup> slib van 1200 kg/m<sup>3</sup>)

3.

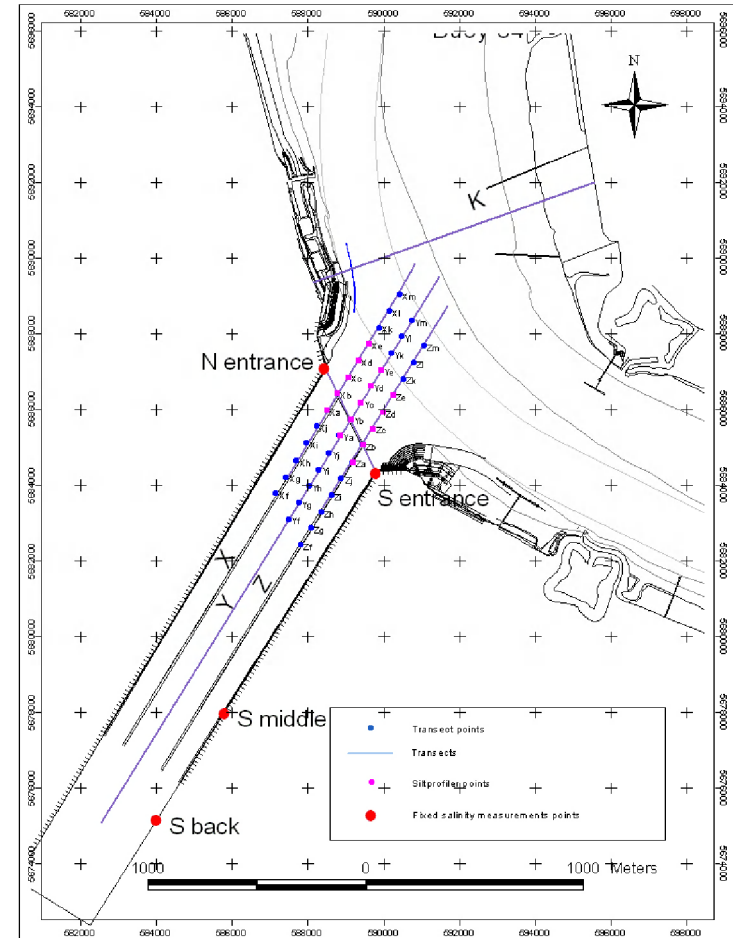
# **INVLOEDSFACTOREN VOOR AANSLIBBING**

# 3. Invloedsfactoren

## 1. Meetgegevens

*Ingang DGD en in Beneden Zeeschelde:*

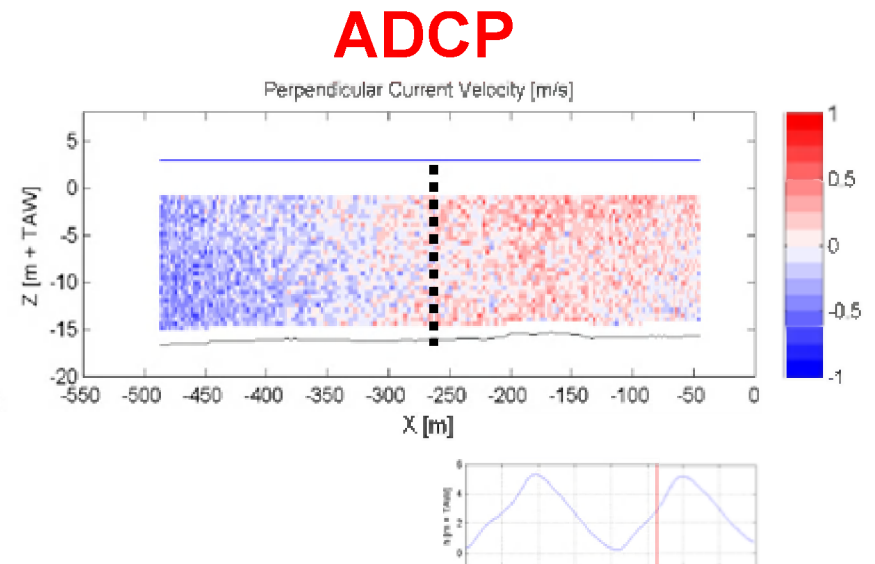
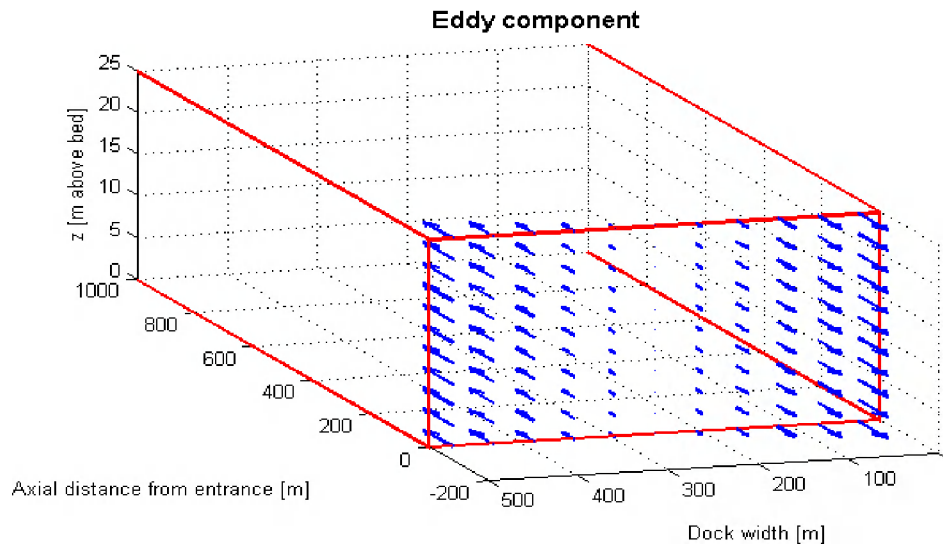
- ⇒ 13-uursmetingen
  - stroomsnelheid+sedimentconc.
    - sediment flux
- ⇒ langdurige metingen:
  - sedimentconc. + saliniteit aan kade
  - *near-bed* metingen: snelheid, sedimentconc. en bodemverandering
- ⇒ continue metingen:
  - boeien 84 en 97



# 3. Invloedsfactoren

## 2. Analyse

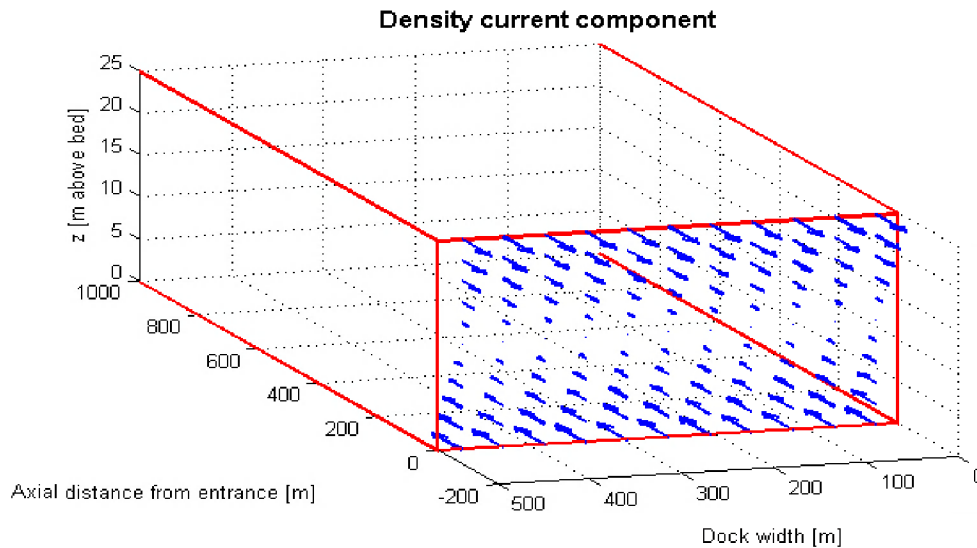
- 13-uursmetingen → 3D flow pattern:



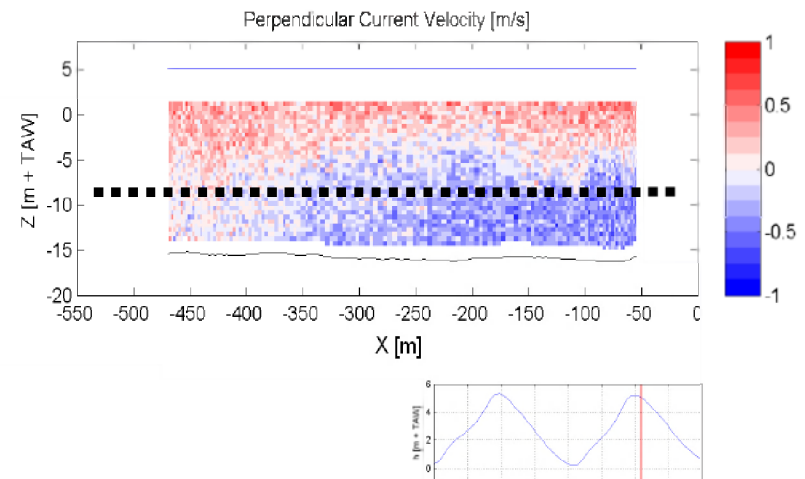
# 3. Invloedsfactoren

## 2. Analyse

- 13-uursmetingen → 3D flow pattern:



## ADCP





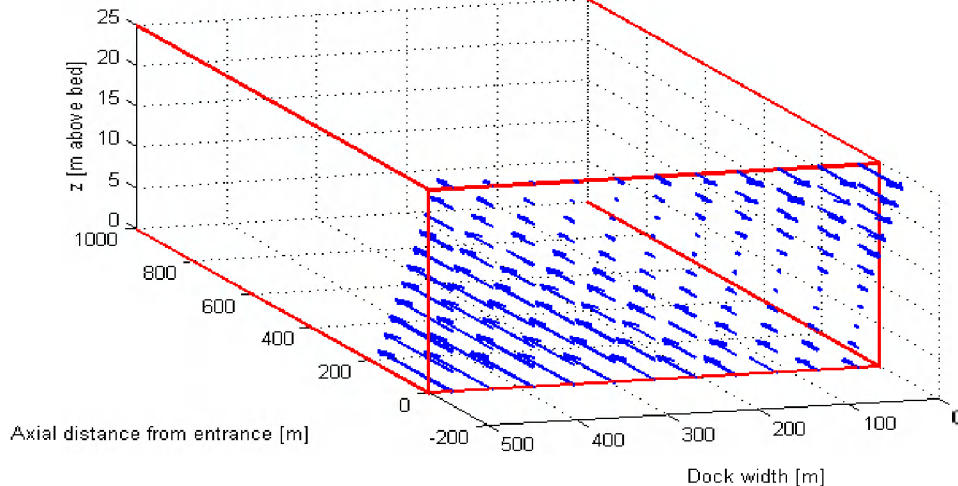
# 3. Invloedsfactoren

## 2. Analyse

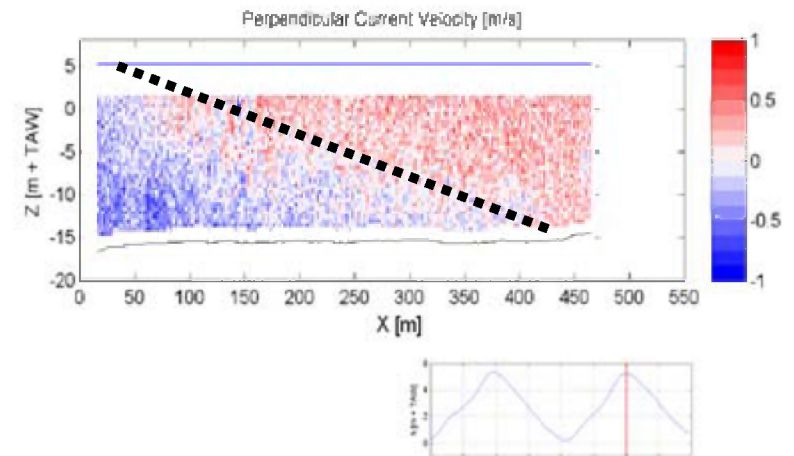
- 13-uursmetingen → 3D flow pattern:



Combination of 3 components



## ADCP



# 3. Invloedsfactoren

## 2. Analyse

- 13-uursmetingen  
→ trapping efficiency DGD (p)

$$p = \frac{F_{net}}{F_{exch}}$$

| Mean | Min  | Max  | St. Dev. |
|------|------|------|----------|
| 0.39 | 0.16 | 0.53 | 0.09     |

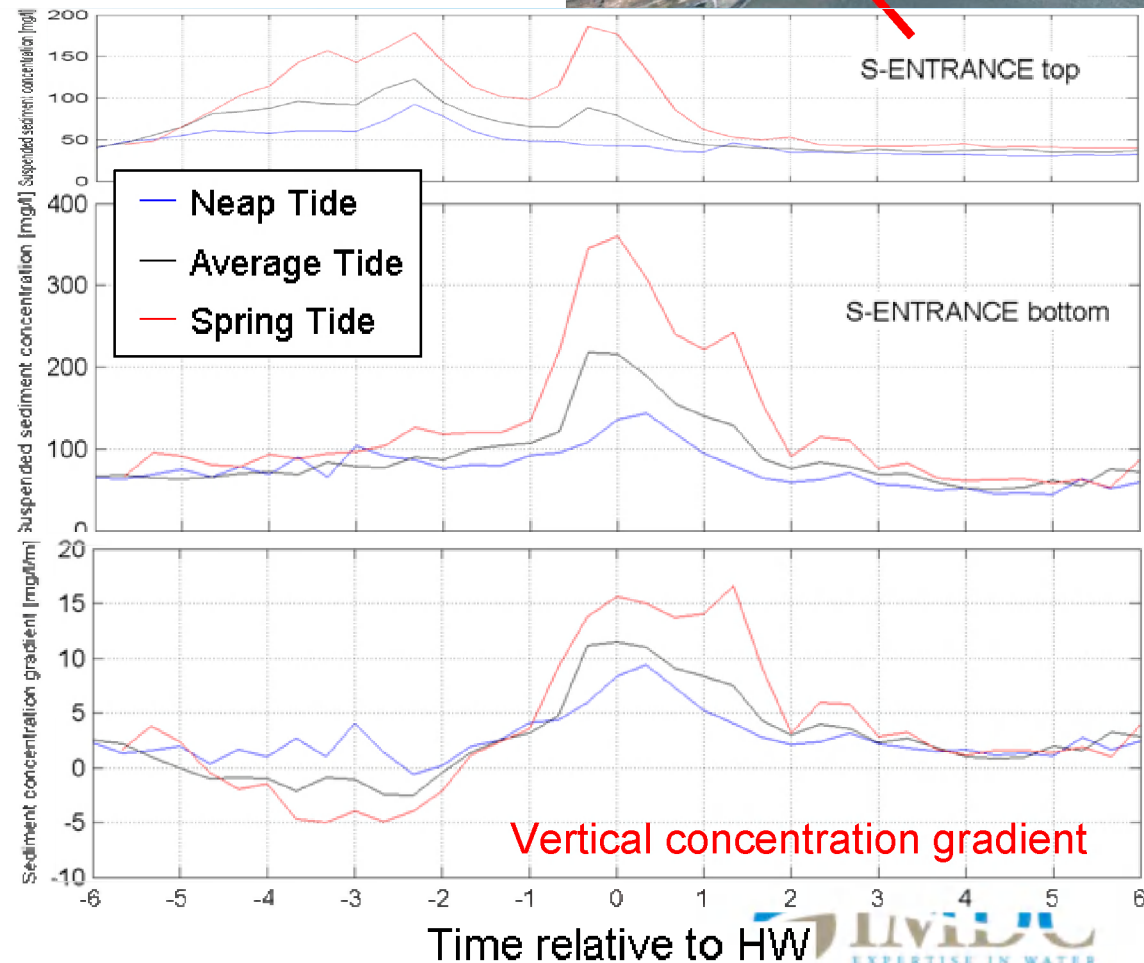
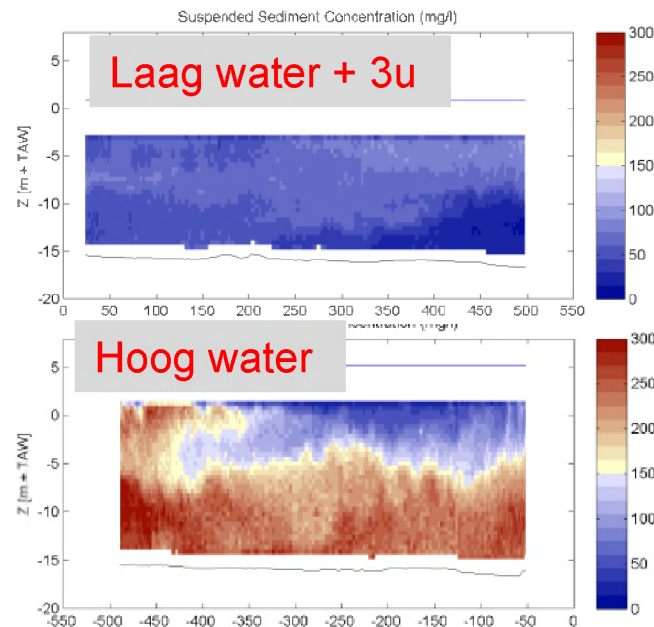
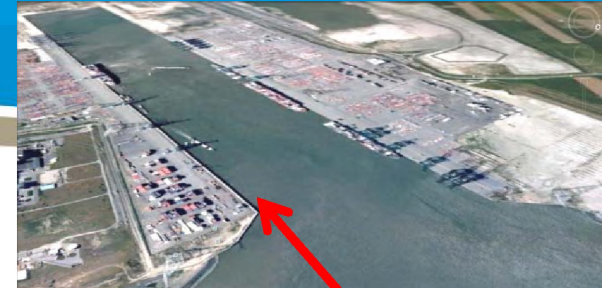
→ gemiddeld blijft 39% van het uitgewisselde sediment achter in het dok



# 3. Invloedsfactoren

## 2. Analyse

- Average tidal cycles:  
Vertical suspended sediment structure

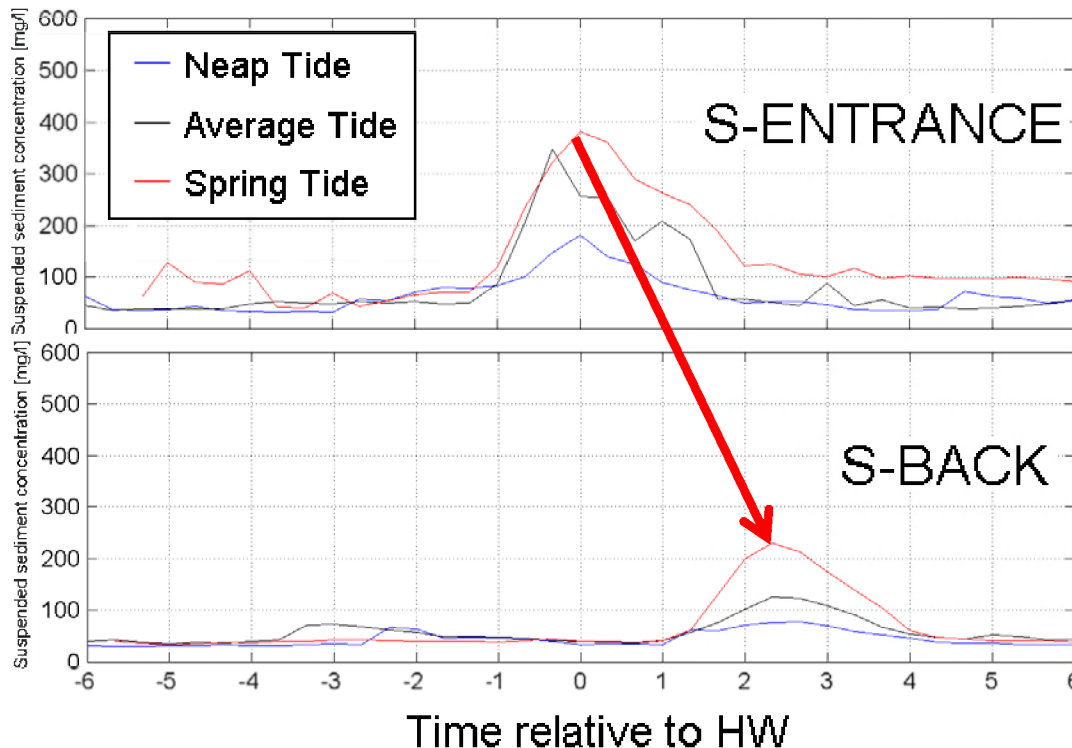


# 3. Invloedsfactoren

## 2. Analyse

- Average tidal cycles:

Longitudinal suspended sediment structure:



S-BACK

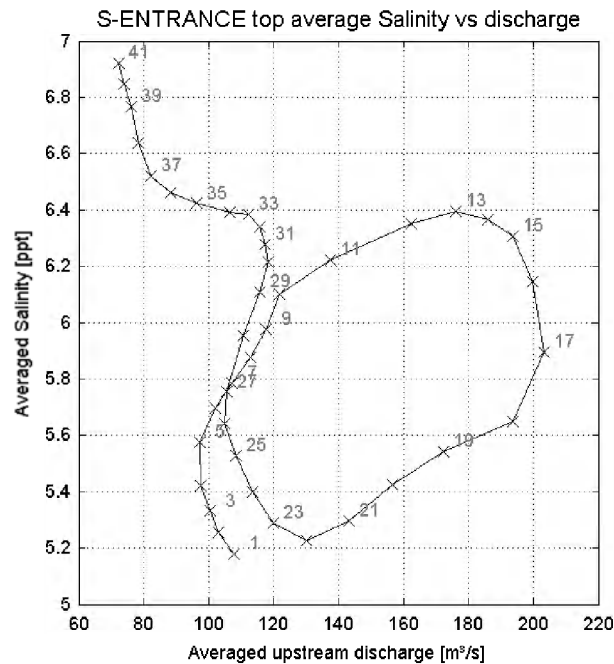


- Sedimentwolk bereikt achterkant van het dok in:
  - +/- 2u30min (dok van 1500m)
  - +/- 4u00min (dok van 2500m)
- Concentratie in de wolk halveert. (door diffusie en bezinking)
- Wolk aangedreven door zoutfront

# 3. Invloedsfactoren

## 2. Analyse

- Hysteresis loops:

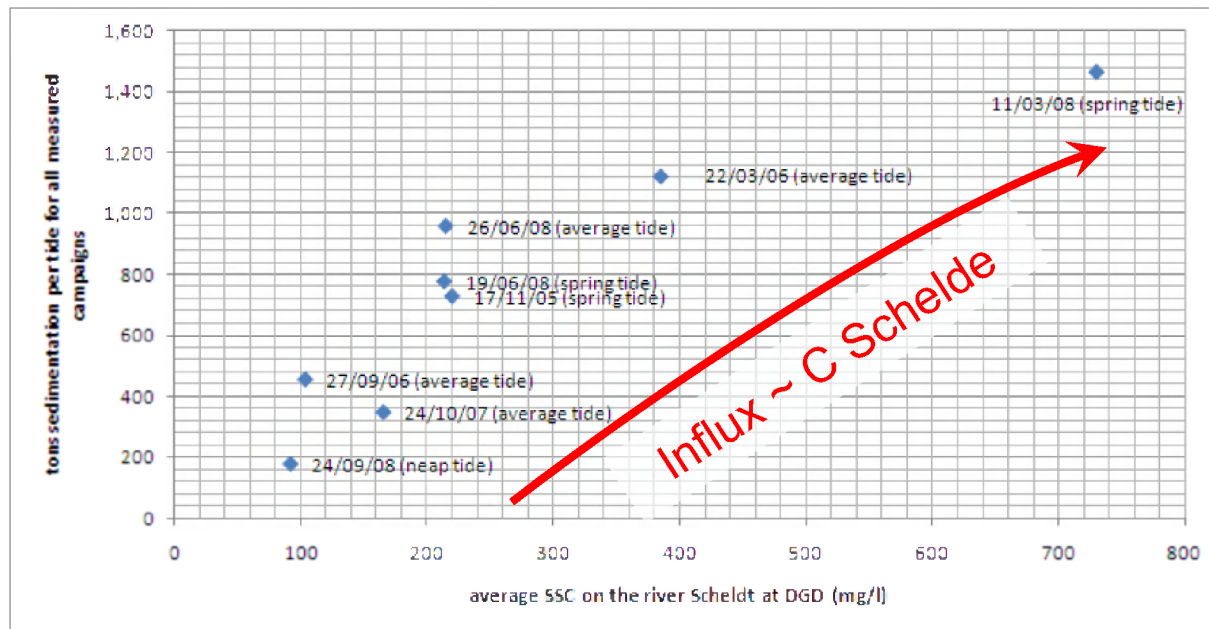




# 3. Invloedsfactoren

## 2. Analyse

- 13-uursmetingen ADCP → netto sediment instroom per tijdcyclus:
  - 200 tot 1500 TDS/getij = 390 tot 2900 TDS/dag
  - = 1200 tot 8900 m<sup>3</sup> specie per dag (d=1.2 kg/l)
  - = 6% tot 45% van 1 grote sleepopperzuiger per dag

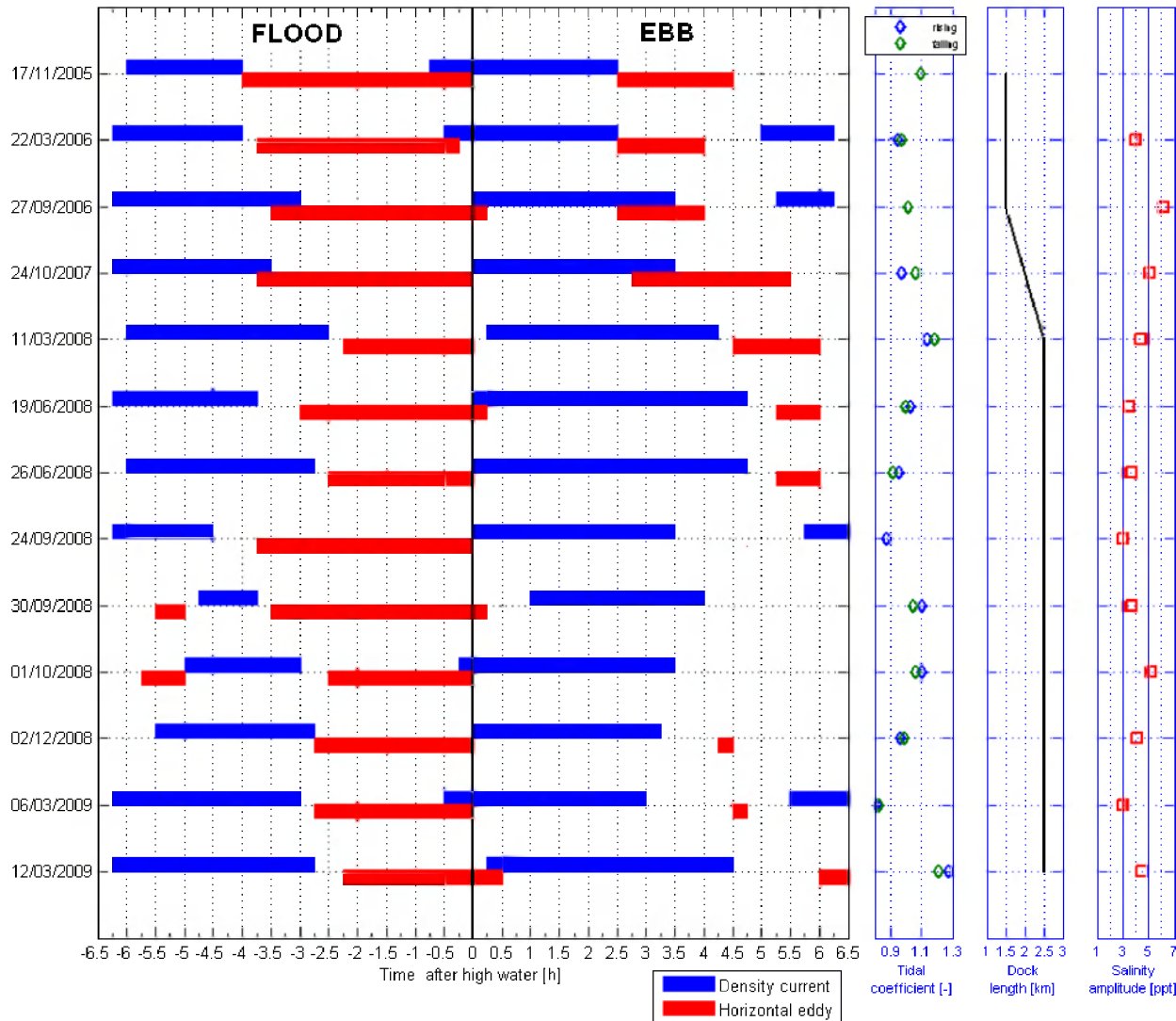




### 3. Invloedsfactoren



3D flow at Deurganckdok entrance (3 years of measurements)



13-uursmetingen ADCP  
→ stroompatronen  
ingang DGD

Maar: elke dag meten is  
onhaalbaar

4.

# CONCEPTUEEL MODEL SLIBAANVOER

# 4. Aanslibbing: Model hindcast

## 1. Doel

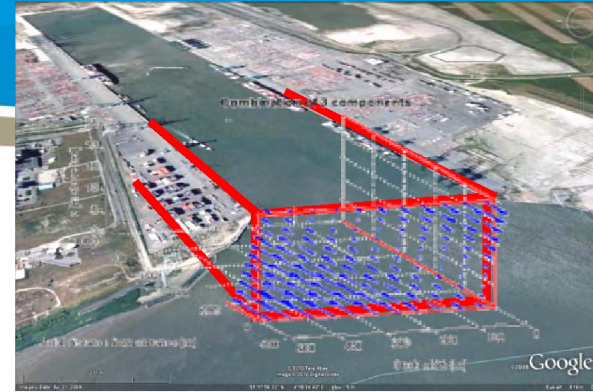
- Inzicht krijgen in de temporele variatie van aanslibbingssnelheid (ton droge stof per getij)
  - Doodtij – springtij
  - Zomer – winter(lage tov hoge afvoer Schelde)
- Berekening sediment instroom over lange termijn
- Aandeel in aanslibbing per uitwisselingsmechanisme



# 4. Aanslibbing: Model hindcast

## 2. Principes

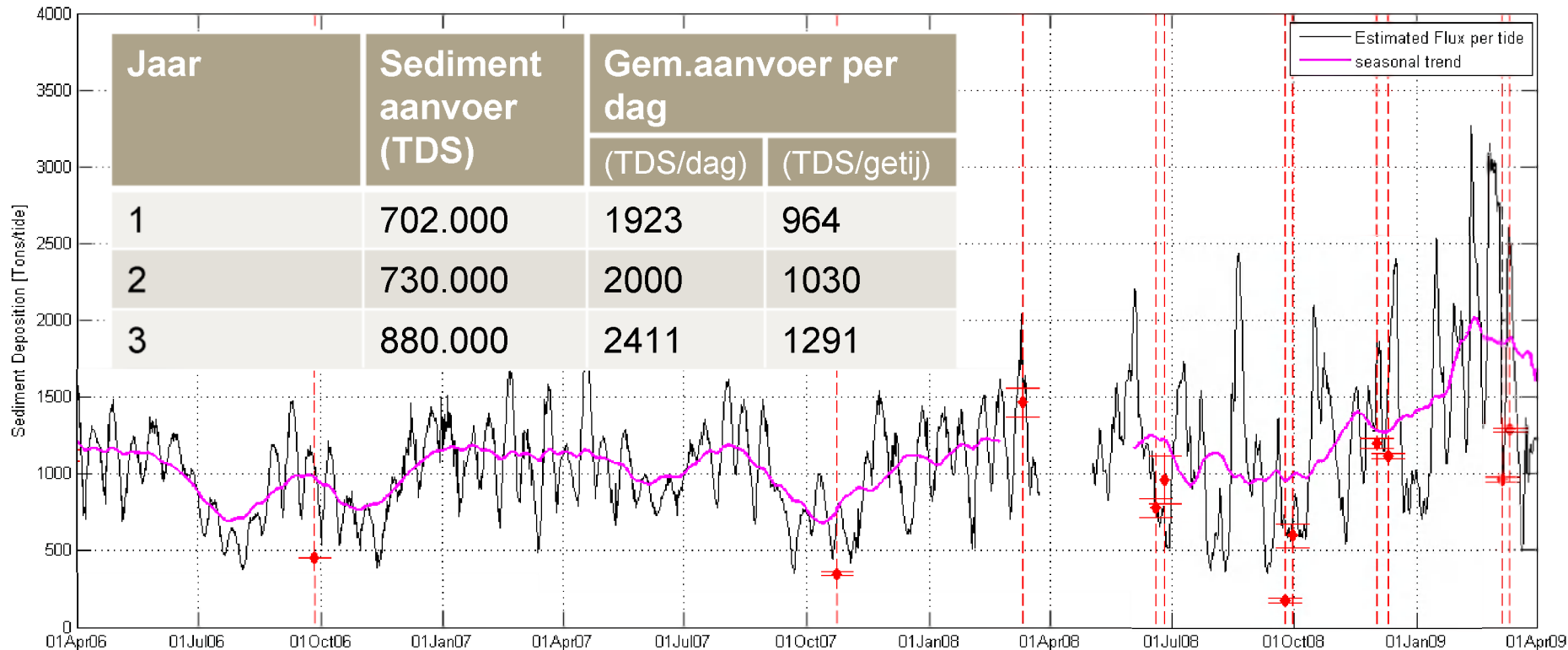
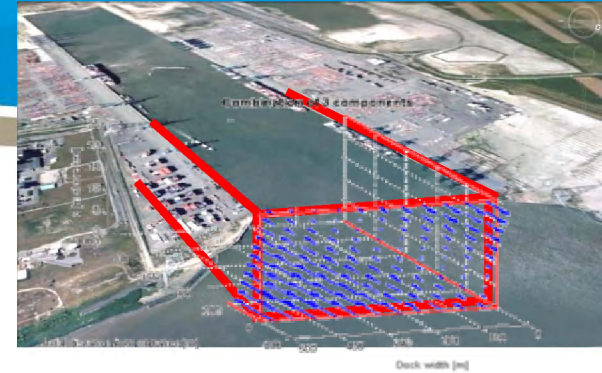
- Conceptueel model (ingang-normaal)
- Drie uitwisselingsmechanismen:
  - Tijprisma
  - Densiteitsstromen (zoutgedreven)
  - Horizontale wervel aan de ingang
- Aanname: deze drie mechanismen zijn superponeerbaar, zonder interactie (getij-wervelinteractie schematisch)
- Sediment instroom per mechanisme =  
vloeistof-uitwisseling  $\times$  sediment concentratie  $\times$  bezonken fractie
- Totale instroom = som instroom van de drie mechanismen
- Invloed van zoutgehalte op flocculatie wordt niet verrekend
- Jaargemiddelde 'trapping efficiency' of bezonken fractie



## 4. Aanslibbing: Model hindcast

### 3. Resultaten

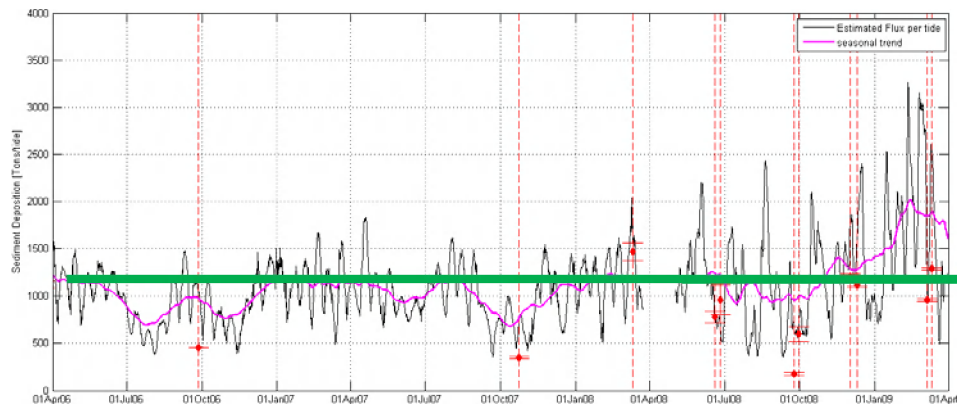
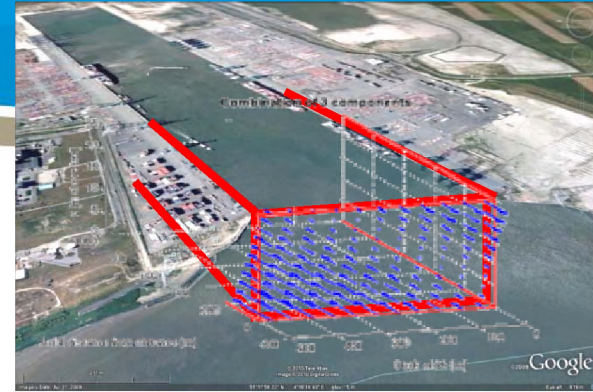
- Drie jaar sediment influx, in TDS/getij



## 4. Aanslibbing: Model hindcast

### 3. Resultaten

- Drie jaar sediment influx, in TDS/getij
- Seizoenale variatie is relatief beperkt; de oorzaak is:
  - ❖ Winter: hoge c, lage saliniteitsamplitude
  - ❖ Zomer: lage c, hoge saliniteitsamplitude
- Springtij: influx tot 3x hoger als bij doottij



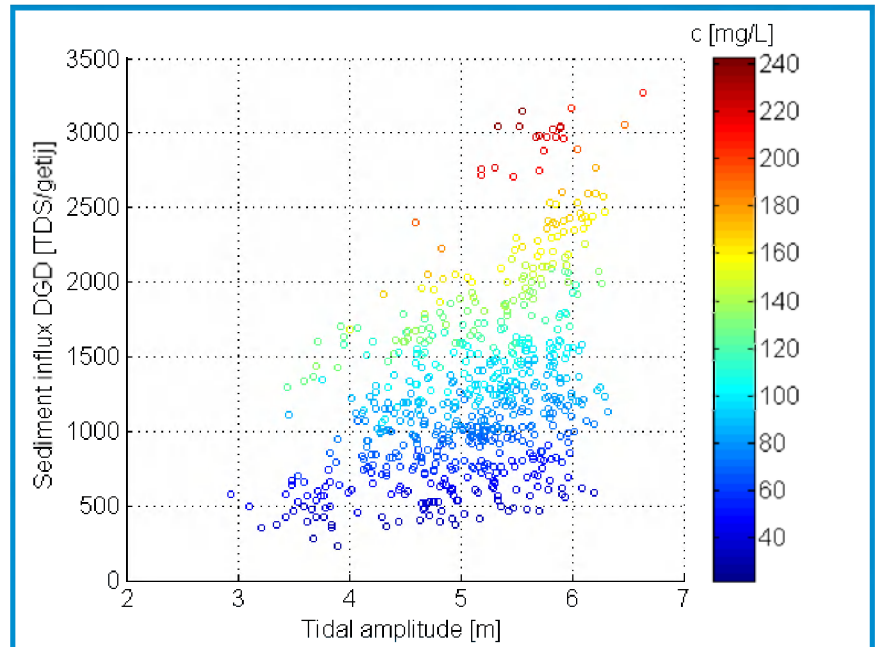
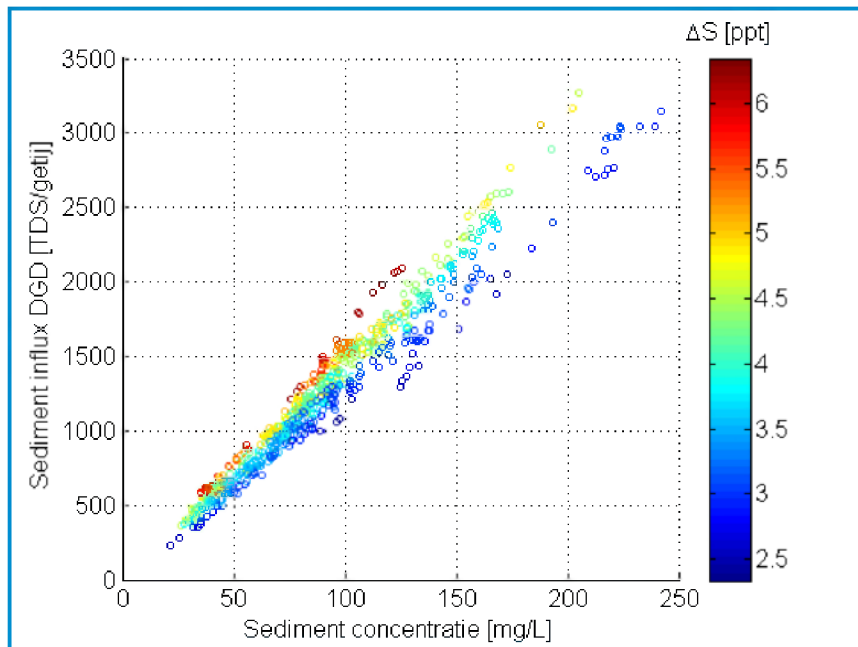
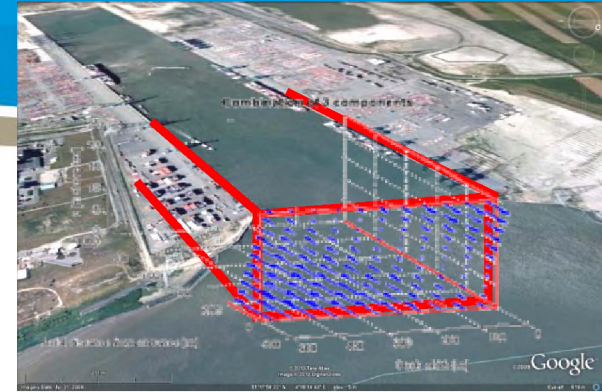
Gemiddelde = 1100 TDS/getij  
90% overschrijding= 600 TDS/getij  
10% overschrijding= 1600 TDS/getij



## 4. Aanslibbing: Model hindcast

### 3. Resultaten

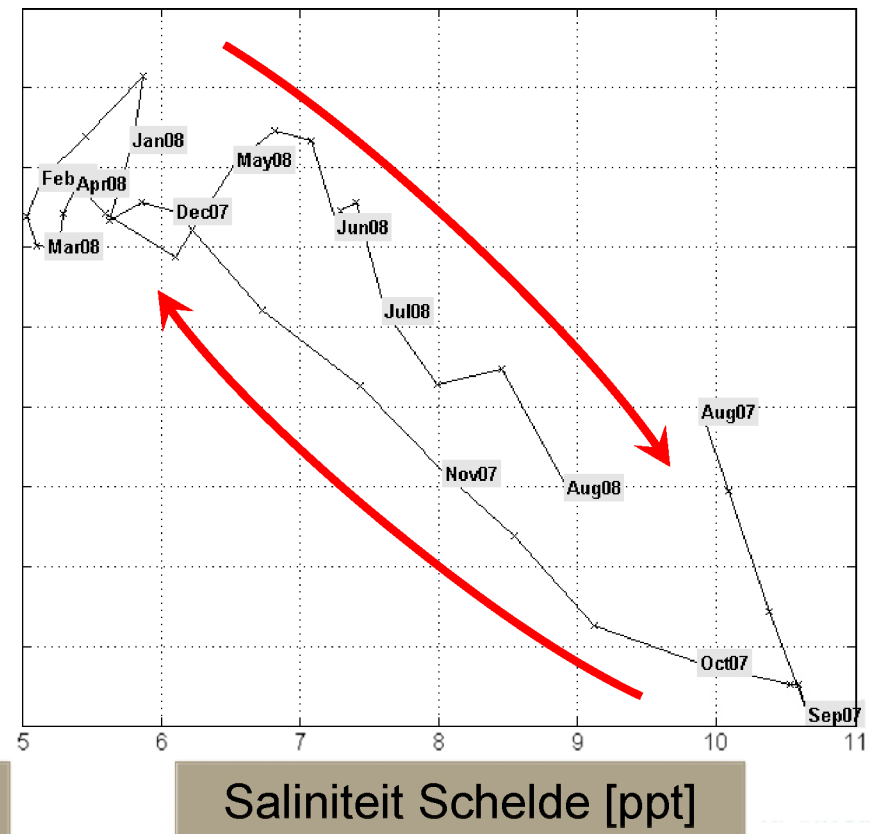
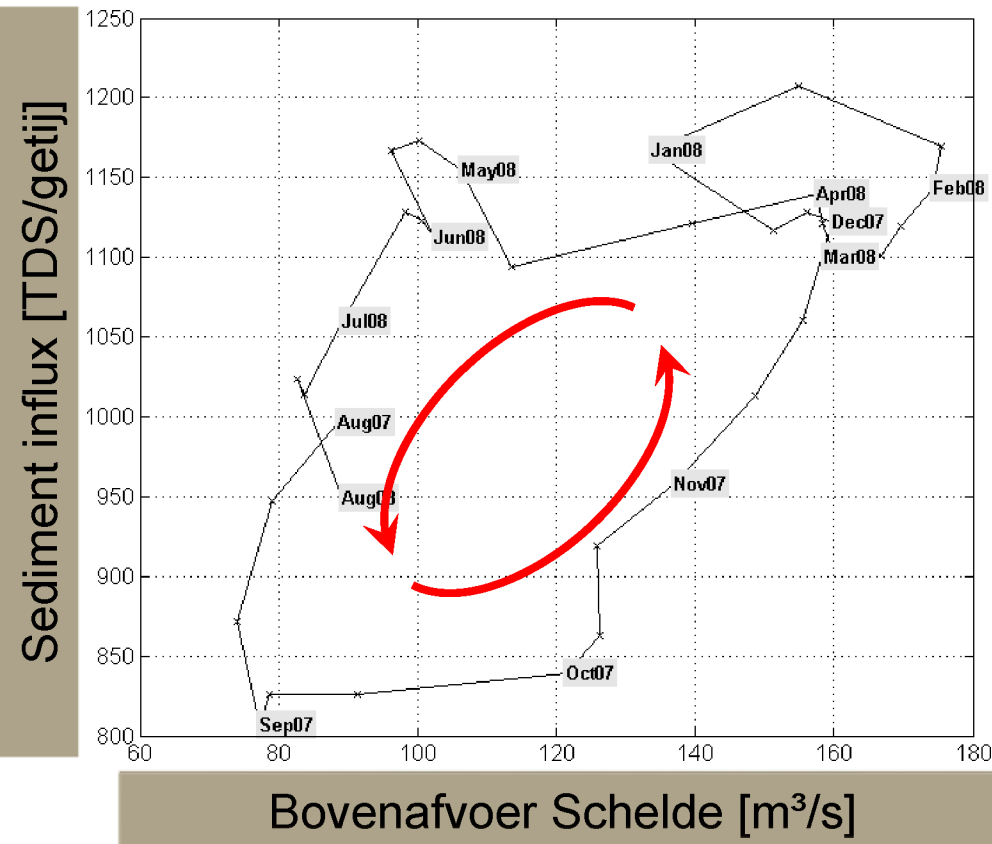
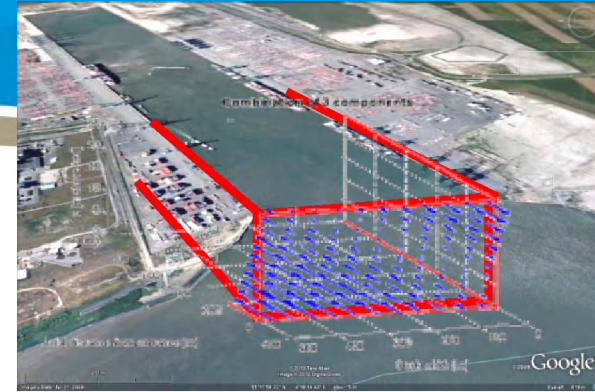
- Grootste deel van de variatie veroorzaakt door sediment concentratie in Schelde-estuarium



## 4. Aanslibbing: Model hindcast

### 3. Resultaten

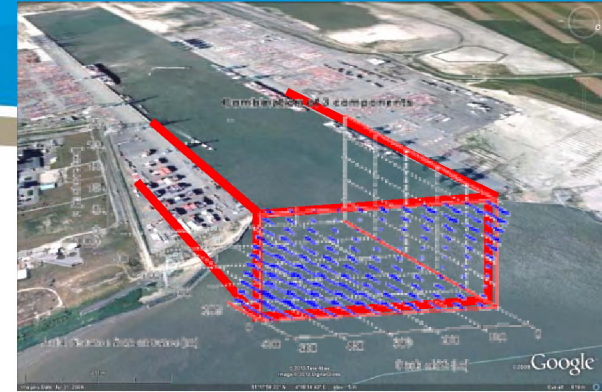
- Relatie met bovenafvoer en zoutgehalte



## 4. Aanslibbing: Model hindcast

### 3. Resultaten

- Aandeel sedimentaanvoer 3 mechanismen:

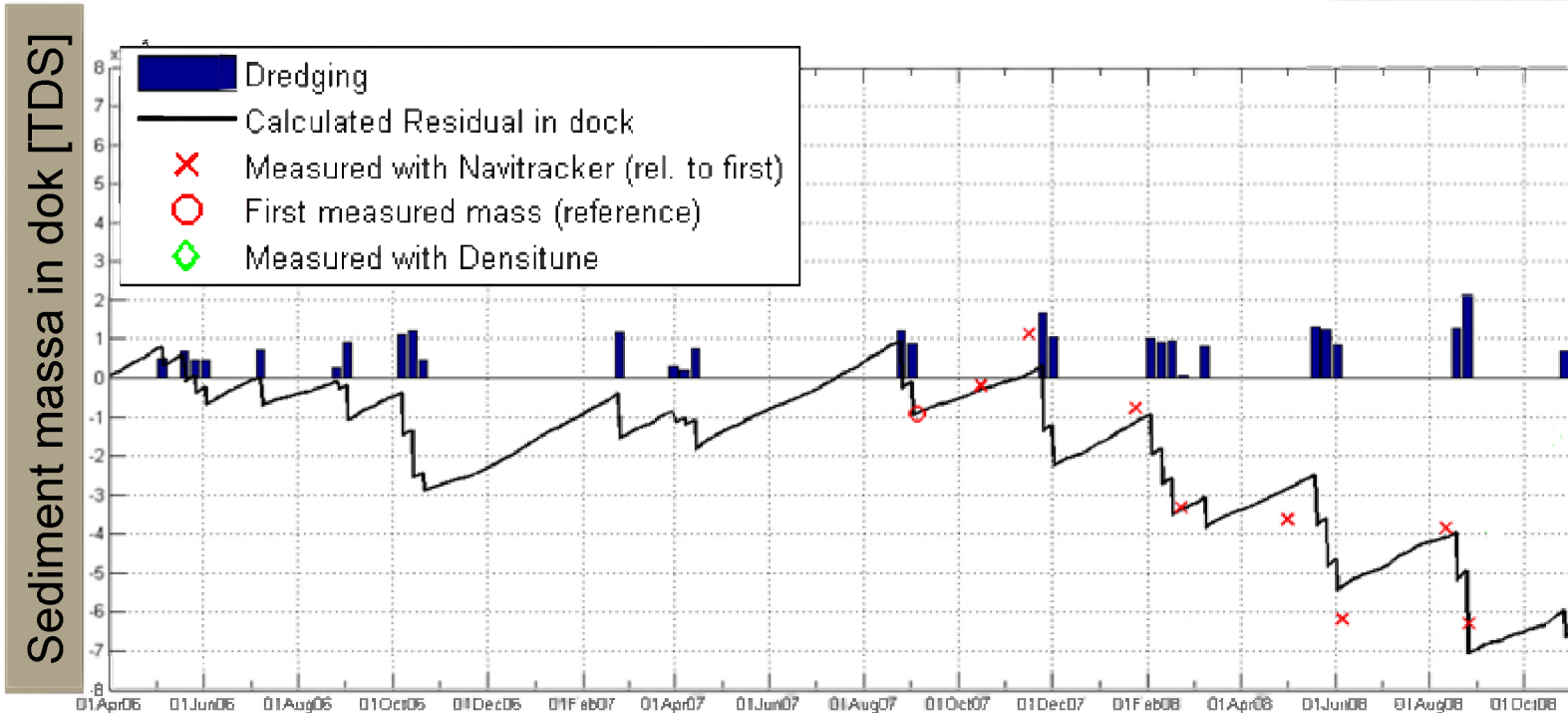


| Uitwisseling door: | Aandeel<br>wateruitwisseling<br>(%) | Aandeel<br>sediment<br>instroom (%) |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Tijsprisma         | 15                                  | 28                                  |
| Densiteitstromen   | 65                                  | 64                                  |
| Wervel ingang      | 20                                  | 8                                   |

## 4. Aanslibbing: Model hindcast

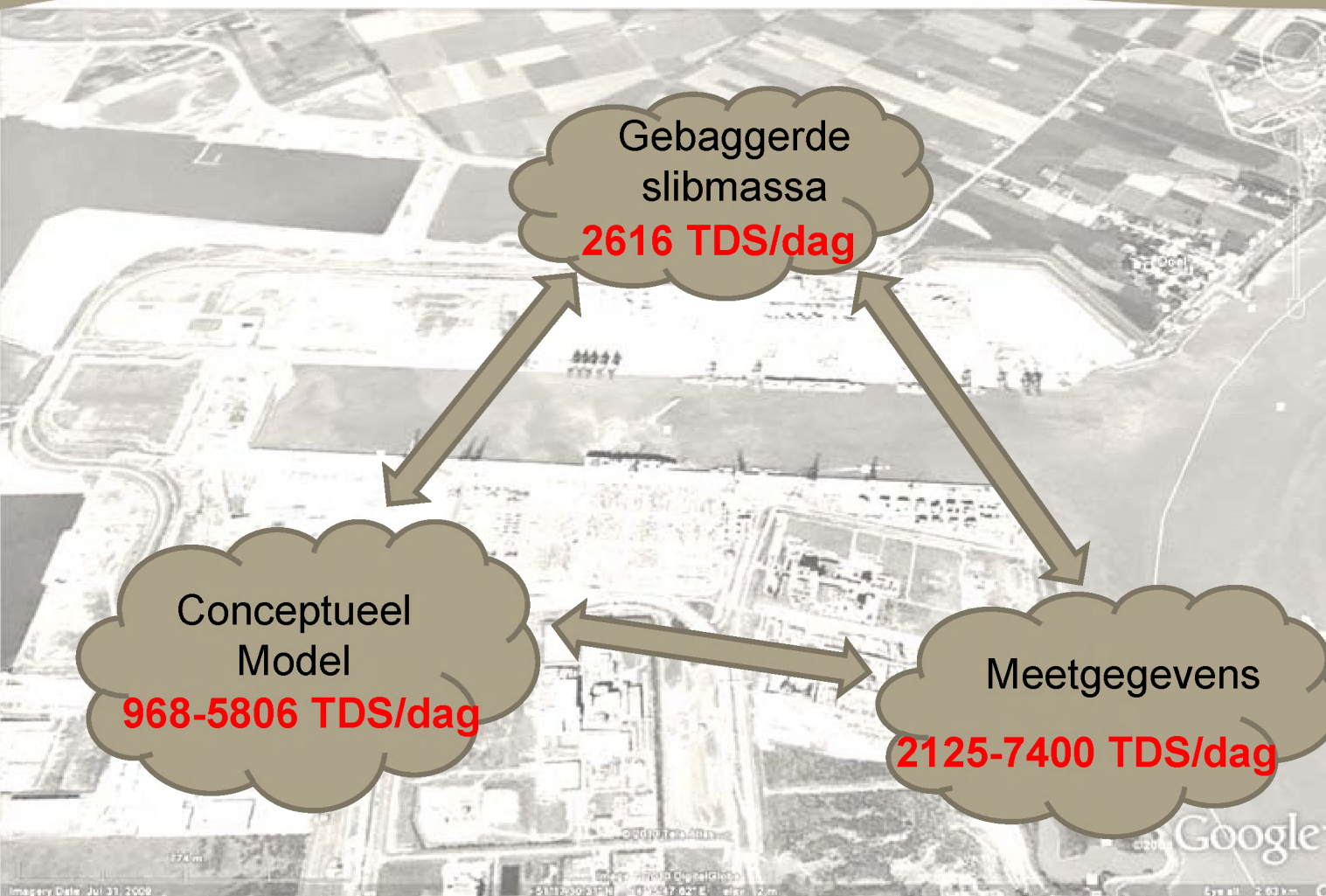
### 3. Resultaten

- Vergelijking met in dok gemeten massa:





# Vergelijking sedimentaanvoer volgens bron



## 5. Conclusies

- Grote hoeveelheid meetgegevens leidt tot inzicht uitwisselings- en slibaanvoermechanismen
- Voornaamste invloedsfactoren:
  - Sediment concentratie Schelde
  - Zoutgradient Schelde
  - Tijslag (doodtij-springtij)
- Berekening: 2.310.000 TDS slibaanvoer in 3 jaar
- Baggergegevens: 2.864.060 TDS slibafvoer in 3 jaar
- Aandeel uitwisselingsmechanismen in slibaanvoer:
  - Tijprisma: 28%
  - Densiteitstromen: 64%
  - Wervel ingang: 8%
- Na bouw CDW: vernieuwde versie conceptueel model



## 5. Conclusies

- Verdere metingen noodzakelijk, ook na CDW
  - ✓ Densiteit slib in het Deurganckdok (evolutie van het consolidatieproces, massabalans)
  - ✓ Sediment concentratie Schelde en DGD
  - ✓ Zoutgradient Schelde en DGD
  - ✓ Verticale structuur slibconcentratie en saliniteit (ingang DGD)
  - ✓ Stromingspatronen na bouw CDW