



UNIVERSITEIT
GENT

BIOMATH
Department of Applied Mathematics,
Biometrics and Process Control

Bezinking: Maken van adequate keuzes

Peter Vanrolleghem
23-mei-00


PAC-cursus Deelt

PAC-Biomath_Course-662390012011-Belgium formal/Peter.Vanrolleghem@ug.ac.be

Overzicht

- Waarom bezinking modelleren ?
- Modellenoverzicht (0D-3D)
- Bezinkingssnelheidsfuncties
- Uitbreidingen voor speciale systemen
- Bezinkingmodellen: de adequate keuze I


P. Vanrolleghem - 02-01 - 2



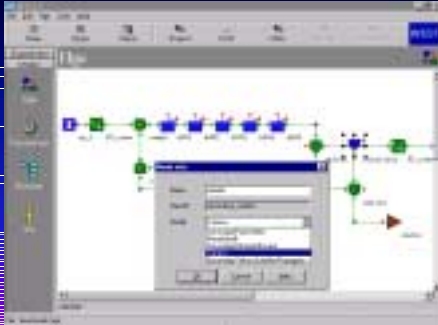
Waarom bezinking modelleren ?

- Voorbezinking: Belasting, COD/N-verhouding
- Slibbalans van actief slib
- Dynamica van slibbeweging tussen bezinker/AT
- Effluentkwaliteit (SS, Slibdeken)
- Controlsysteem-ontwikkeling
- Slibproductie (indikking)
- Ontwerp van bezinkersstructuren

P. Vanrolleghem - 02-01 - 3



Welk model kiezen ?



P. Vanrolleghem - 02-01 - 4

BIOMATH 

Modellenoverzicht

- Bezinkermodellen worden gegroepeerd volgens het ruimtelijk detail waarmee gewerkt wordt:

- 0D (puntbezinker)
- 1D (horizontaal vlak homogeen)
- 2D (+ verticaal vlak homogeen)
- 3D (niet homogeen)

- Model = ruimtelijk + bezinkingseigenschappen
bezinkingsnelheidsfunctie

- Soms ook reactiemodel: denitrificatie / hydrolyse

P. Vanrolleghem - 02-01 - 5

BIOMATH 

0D-Modellen

- Puntbezinker = ideale scheider zonder volume

Statische massabehoudswet:

$$Q_f X_f f_{ns} = Q_{eff} X_{eff}$$

$$Q_f X_f (1 - f_{ns}) = Q_u X_u$$

soms f_{ns} stijgende functie van debiet (= turbulentie)

- Probleem: Verblijftijd in bezinker niet in rekening!

P. Vanrolleghem - 02-01 - 6

BIOMATH 

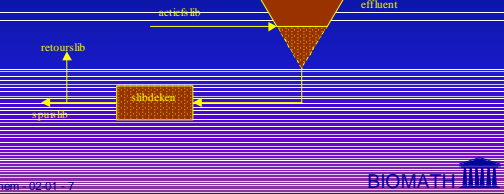
0D-Modellen

- Puntbezinker met volume (slibretentie): n CSTR's

$$dM_x/dt = Q_f X_f - Q_{eff} X_{eff} - Q_u X_u$$

- Puntbezinker + reactor met volume én omzetting...

truukje:

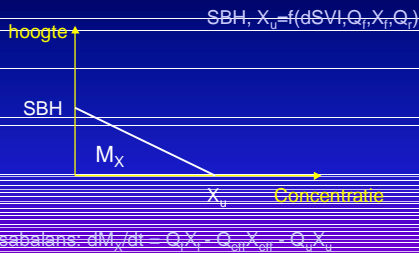


P. Vanrolleghem - 02-01 - 7



1/2D-Modellen

- EAWAG-model (Siegrist et al., 1995)



+ massabalans: $dM_x/dt = Q_f X_f - Q_{eff} X_{eff} - Q_u X_u$

P. Vanrolleghem - 02-01 - 8



1D-Modellen

- Discretisatie in eindige differenties van de partiel differentiaalvergelijking

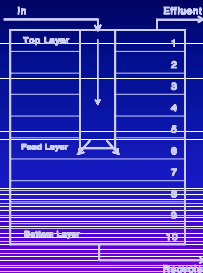
$$\frac{\partial X}{\partial t} = \frac{\partial(D\partial X)}{\partial z^2} - \frac{\partial(vX)}{\partial z} - RX$$

met veronderstellingen:

- X uniform in horizontaal vlak;
- Geen verticale dispersie ($D=0$);
- Geen biologische reactie ($R=0$);

Discretisatie:

$$\partial X / \partial z = (X(i) - X(i-1)) / h$$

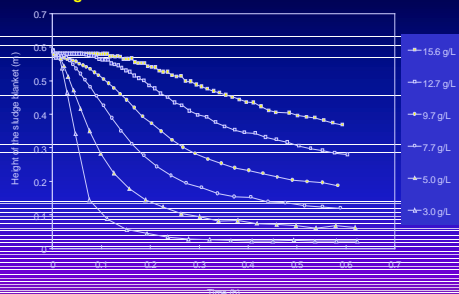


P. Vanrolleghem - 02-01 - 9



Bezinkingssnelheidsfunctie

V_s neemt af met toenemende X

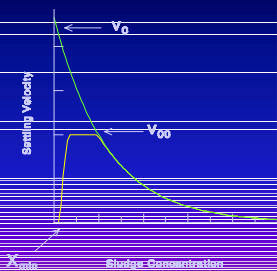


P. Vanrolleghem - 02-01 - 13

BIOMATH

Bezinkingssnelheidsfuncties

- Bezinkingssnelheid $V_s = f(X(x,y,z))$
 $V_s = g(dSVI)$



P. Vanrolleghem - 02-01 - 14

BIOMATH

Bezinkingssnelheidsfuncties

- Vesilind (1969): $v_s = ke^{-nX}$

- Dick & Young (1972): $v_s = k' X^{-n'}$

- Cho et al. (1993): $v_s = k'' \frac{e^{-n''X}}{X}$

- Takacs et al. (1991):

$$v_s = v_{0s} e^{-n_s(X - X_{min})} = v_{0s}' e^{-n_s'(X - X_{min})}$$

$$\text{met } 0 \leq v_{0s}' \leq v_{0s}'$$

P. Vanrolleghem - 02-01 - 16

BIOMATH

Mogelijke uitbreidingen: Opgeloste bestanddelen

3-aanpakken:

BIOMATH

Mogelijke uitbreidingen: Opgeloste bestanddelen

- Effect is niet te verwaarlozen:

BIOMATH

Mogelijke uitbreidingen: Biomassafractie laten doorpropageren

Stapantwoord X_{BA}

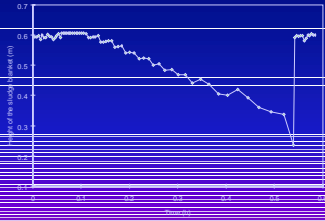
Lump/delump: ($f_{out} = f_{in}$)

Propageren: $dx_{BA}(t)/dt = \dots$

BIOMATH

Mogelijke uitbreidingen: Reacties laten doorgaan

- Denitrificatie (opbouw van N_2 bellen in slibvlok)

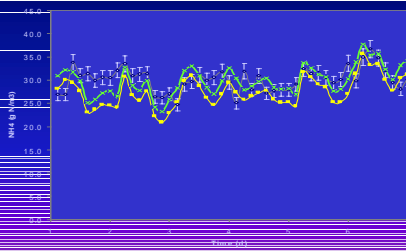


P. Vanrolleghem - 02-01 - 19

BIOMATH 

Mogelijke uitbreidingen: Reacties laten doorgaan

- Hydrolyse/ammonificatie in voorbezinker:

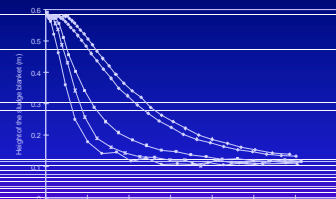


P. Vanrolleghem - 02-01 - 20

BIOMATH 

Mogelijke uitbreidingen: Additieven voor verbeterde bezinking

- Bv. effect van polymeer:

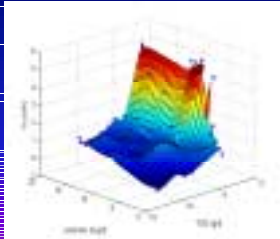


P. Vanrolleghem - 02-01 - 21

BIOMATH 

Mogelijke uitbreidingen: Additieven voor verbeterde bezinking

- Effect van polymeer beschrijven:



$$V_s = 10.59 e^{\frac{-x}{1.54 \cdot P + 2.5}}$$

Gebruik voor
voorspelling van het
gedrag van bezinker
bij polymere dosering

P. Vanrolleghem - 02/01 - 22



Adequate keuze

Modeltoepassing	Modelcomplexiteit
Sluifmanagement in actiefslibbekken	0D gekoppelde modellen
Management slibopslag-voorraad in nabezinker	1D gekoppelde en/of 2D gekoppelde modellen
Slibreënlane	1D gekoppelde en/of 2D gekoppelde modellen
Slibdekenfrange	1D gekoppelde en/of 2D gekoppelde modellen
Optimalisatie tankgeometrie	2D en/of 3D sedimentatiemodellen
Retrofitting (bv. Tussenschotten)	2D en/of 3D modellen
Effluent SS-concentratie	Circulaire bekken: 2D - rectangulaire bekken: 2 en/of 3D
Bekken onderhevig aan windkrachten	3D modellen
Densiteitsstroming	ten minste 2D modellen

P. Vanrolleghem - 02/01 - 23



Adequate keuze

- **0D model:** zeer snelle rekestijden
nauwkeurigheid laat te wensen over
- **1/2D model:** zeer snelle rekestijden
nauwkeurigheid aanvaardbaar
- **1D model:** redelijke rekestijden
nauwkeurigheid aanvaardbaar
- **2 & 3D model:** lange rekestijden
nauwkeurigheid uitstekend
enkel specifieke toepassingen (X_{crit})

P. Vanrolleghem - 02/01 - 24