Model Predictive Control of a Sewer System

June 14, 2018

Group 1030

Jacob Naundrup Pedersen Thomas Holm Pilgaard

Department of Electronic Systems Aalborg University Denmark





Group 1030

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg gen

Problem formuleri

System beskrivels

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Modellerii

Struktur

Preissman

Results

Introduktion

Kloakker og rensningsanlæg generelt Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann



Typisk opbygning af kloak ledning

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og rensningsanlæg generelt

Problem formule:

System beskrivel

Løsninger og

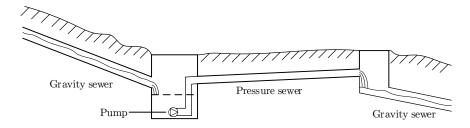
.....

Modellering

Simulering

Struktur

Preissman





Tilstande i kloakken

Agenda

Group 1030

Kloakker og

rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsning

Modellering

Simulering

Struktur

Preissman

Results

 $\blacktriangleright \ \mathsf{Aerob} \to \mathit{O}_2 \to \mathit{H}_2\mathit{O}$



Tilstande i kloakken

Agenda

Group 1030

ntroduktion

Kloakker og

rensningsanlæg generelt

Problem formuler

System beskrivelse

begrænsning

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Results

► Aerob \rightarrow O_2 \rightarrow H_2O

► Anaerob $\rightarrow SO_4^{-2} \rightarrow H_2S$



Tilstande i kloakken

Agenda

Group 1030

Kloakker og rensningsanlæg generelt

Modellering

► Aerob \rightarrow $O_2 \rightarrow H_2O$

▶ Anaerob \rightarrow $SO_4^{-2} \rightarrow H_2S$

► Anoxisk $\rightarrow NO_3^- \rightarrow N_2$



Udfordringer ved spildevands rensning

Agenda

Group 1030

Kloakker og rensningsanlæg generelt

- ▶ Virksomheds besøg ved Fredericia Spildevand og Energi A/S.
 - Større udledninger uden varsel



Udfordringer ved spildevands rensning

Agenda

Group 1030

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg generelt

Problem formula

System hoskrival

System beskriver

Løsninger og

begrænsning

Modellerin

Struktur

Preissman

► Virksomheds besøg ved Fredericia Spildevand og Energi A/S.

- Større udledninger uden varsel
- ► Problemer for aerobe bakterier



Udfordringer ved spildevands rensning

Agenda

Group 1030

ntroduktion

Kloakker og

rensningsanlæg generelt

Problem formuleri

System beskrivel

System beskriver

Løsninger og

begrænsnin

Degrænsning

Modellering

Simulering

Struktur

Preissman

- ► Virksomheds besøg ved Fredericia Spildevand og Energi A/S.
 - ► Større udledninger uden varsel
 - ► Problemer for aerobe bakterier
 - Andre forstyrelser



Problem formulering

Agenda

Group 1030

Problem formulering

How can a simulation environment be constructed, which mimic the behavior of a real sewer system, where MPC is utilized as the control scheme to obtain stable sewage output such that optimal performance can be obtained from a WWTP.



Udgangspunkt i et virkeligt setup

Agenda

Group 1030

ntroduktio

Kloakker og

Darkland famous dark

System beskrivelse

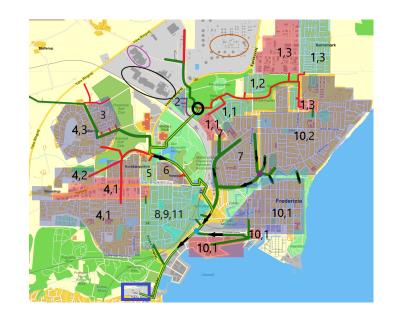
ystem beskriveise

Modellering

WOOGCHCIIII

Simulerin

Projeeman





Udgangspunkt i et virkeligt setup

Agenda

Group 1030

ntroduktion

Kloakker og

Droblom formularing

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsning

Modellering

Simulerin

Struktur

Preissman

- Data fra industri.
- Flow profiler af beboelse og mindre industri.



Group 1030

ntroduktion

Kloakker og reneningsanlæg gene

Droblom formula

System beskrivelse

Løsninger og begrænsninger

Modellering

Simulering

Droicemann

Results

► Indsættelse af tank.



Group 1030

System beskrivelse

Løsninger og begrænsninger

Modellering

Simulering

Indsættelse af tank.

► Afgrænse simulering til enkelt kemisk component.



Group 1030

ntroduktion

Kloakker og

Droblem formularing

System beskrivelse

Løsninger og begrænsninger

Modellering

Modellering

Omitaion

Draiceman

Regulte

► Indsættelse af tank.

► Afgrænse simulering til enkelt kemisk component.

Runde kloak rør.



4 modeller

Agenda

Group 1030

troduktion

Kloakker og

Droblam formularing

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Struktur

Preissman

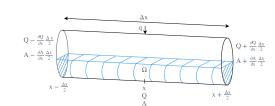
- ► Kloak ledning.
- Transport af concentrat i kloak ledning.
- ► Sammenkobling af kloakledninger.
- ► Tank.



Group 1030

Modellering

Results



18



Group 1030

ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg gene

Problem formulering

System beskrivel

Løsninger og hegrænsninger

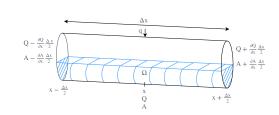
Modellering

modeliering

Struktur

Preissmann

Regulte



18



Group 1030

ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg gene

System beskrivels

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

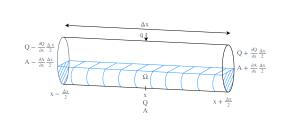
Simulering

Preissmann

Results

$$\frac{\partial A(x,t)}{\partial t} + \frac{\partial Q(x,t)}{\partial x} = 0$$

 Approksimationer af momentum ligningen.





Transport af koncentrat

Agenda

Group 1030

ntroduktion

Kloakker og

Droblem formularing

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninger

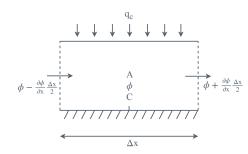
Modellering

Simulering

Desistant

Preissmann

$$A \cdot \frac{\partial C}{\partial t} + Q \cdot \frac{\partial C}{\partial x} = 0$$





Transport af koncentrat

Agenda

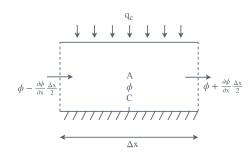
Group 1030

System beskrivelse

Modellering

 $A \cdot \frac{\partial C}{\partial t} + Q \cdot \frac{\partial C}{\partial x} = 0$

► Afhænger af kendt *A* og *Q*.



Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Sammenkobling af kloak ledninger

Agenda

Group 1030

ntroduktion

Kloakker og

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

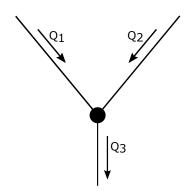
begrænsninger

Modellering

Struktur

Preissmann

$$\blacktriangleright Q_3 = Q_1 + Q_2$$





Sammenkobling af kloak ledninger

Agenda

Group 1030

ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg gen

Problem formularing

System beskrivels

Løsninger og

begrænsninger

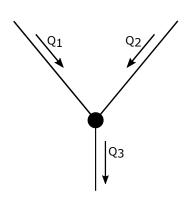
Modellering

Simulering

Preissmani

$$\blacktriangleright \ Q_3 = Q_1 + Q_2$$

$$C_3 = \frac{C_1 \cdot Q_1 + C_2 \cdot Q_2}{Q_1 + Q_2}$$





Group 1030

ntroduktion

rensningsanlæg gen

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

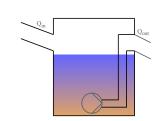
begrænsninger

Modellering

Struktur

Preissmani

Results



18



Group 1030

ntroduktion

rensningsanlæg gen

Problem formulering

System beskrivels

Løsninger og

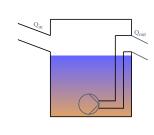
begrænsninger

Modellering

Struktur

Preissmann

Poculto





Group 1030

ntroduktio

rensningsanlæg gene

Problem formuler

System beskrivelse

Løsninger og

bogranioning

Modellering

_. . . .

Struktur

Preissman

Results

► Intialisering

► Opsætning af komponenter.



Group 1030

ntroduktion

Kloakker og reneningsanlæg geni

Problem formularing

System beskrivelse

Løsninger og

Modellering

Simulering

Struktur

Preissman

Results

► Intialisering

- ► Opsætning af komponenter.
- ► System i steady state.



Group 1030

ntroduktion

rensningsanlæg gene

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninge

Modellering

Modelien

Simulering Struktur

Projeemann

Preissmanr

Results

► Intialisering

- ► Opsætning af komponenter.
- System i steady state.
- Simulering



Group 1030

Introduktio

rensningsanlæg gene

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

Modellorin

Modellerin

Simulerina

Struktur

Struktur

Results

Intialisering

- ► Opsætning af komponenter.
- ► System i steady state.
- Simulering
- ► Iterativ beregning af komponenterne



Group 1030

System beskrivelse

Struktur

Intialisering

- Opsætning af komponenter.
- System i steady state.
- Simulering
- Iterativ beregning af komponenterne
- Gennemgang af resultat



Group 1030

ntroduktion

Kloakker og

rensningsanlæg gene

System beskrivelse

Løsninger og

Modellering

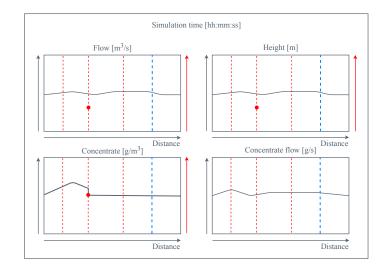
Simulerin

Struktur

Results

15

18





Preissmann basic

Agenda

Group 1030

ntroduktion

Kloakker og

Desired for the second size

System beskrivelse

Løsninger og

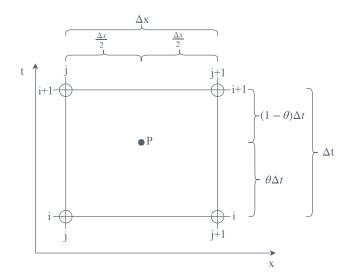
begrænsninger

Modellering

Cimularia

Struktur

Preissmann





Preissmann iteration

Agenda

Group 1030

stroduktion

Kloakker og rensningsanlæg gene

Problem formulering

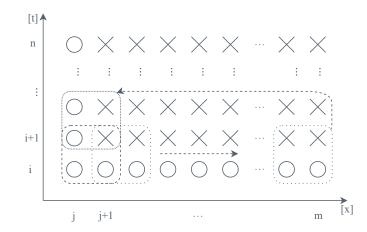
System beskrivel

Løsninger og

Modellering

Otendatus

Preissmann





Group 1030

System beskrivelse

Modellering

Results

Implementation

- Control
- Results
- Discussion/Conclusion