# 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

## Modeller

Introduktion

Rensning af spildevand Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og afgrænsninger

# Modeller

Simulering

Struktur

Preissmann Implementering

# Kontrol

Linearisering

**MPC** 

# Resultat

Diskussion/Konklusion

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



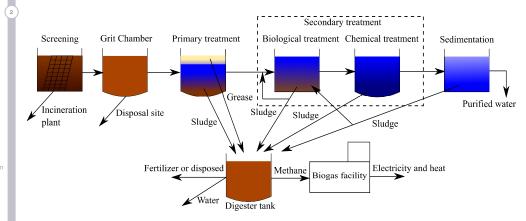
# Rensning af spildevand

Agenda

Group 1030

Rensning af spildevand

Modeller





Agenda

Group 1030

ntroduktion

Rensning af spildevand

Desiring at opticion

System beskrivels

Løsninger og

afgrænsninger

Modellor

Modeller

Simularia

Simulem

Preissmann

Implemente

Kontrol

Linearisering MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

Virksomhedsbesøg ved Fredericia Spildevand og Energi A/S.



Agenda

Group 1030

itroduktion

Rensning af spildevand

Problemformuleri

System beskrivels

Løsninger og afgrænsninger

Maritalia

Modeller

Simulerin

Jilliuleilli

Draicem

Implementer

Kontrol

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion

- Virksomhedsbesøg ved Fredericia Spildevand og Energi A/S.
  - Større udledninger uden varsel



Agenda

Group 1030

Rensning af spildevand

Diskussion/Konklusion

- Virksomhedsbesøg ved Fredericia Spildevand og Energi A/S.
  - Større udledninger uden varsel
  - Problemer for aerobe bakterier



Agenda

Group 1030

Rensning af spildevand

Diskussion/Konklusion

Virksomhedsbesøg ved Fredericia Spildevand og Energi A/S.

- Større udledninger uden varsel
- Problemer for aerobe bakterier
- Andre forstyrrelser



# **Problemformulering**

Agenda

Group 1030

Problemformulering

Diskussion/Konklusion

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

Rensning af spildevar

### System beskrivelse

Løsninger og

## Modeller

### Simularia

### Oterulatura

Preissman

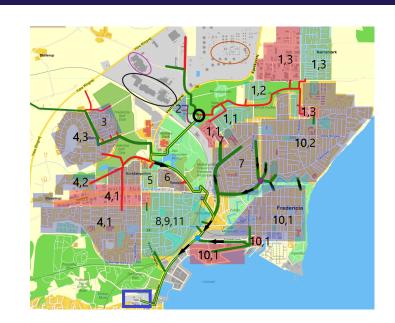
Implemente

## Kontrol

Linearisering MPC

### Resultat

Diskussion/Konklusion





# Udgangspunkt i et virkeligt setup

## Agenda

Group 1030

### ntroduktio

Rensning af spildevar Problemformulering

## System beskrivelse

Løsninger og

### Modeller

### Simulerin

Charleton

Preissmann

### ...

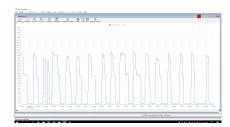
Lineariserin

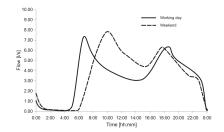
### Resultat

Diskussion/Konklusio

Data fra industri

 Flow profiler af beboelse og mindre industri







# Løsninger og afgrænsninger

Agenda

Group 1030

### ntroduktion

Rensning af spildeva

Problemformuler

### System beskrivelse Løsninger og afgrænsninger

afgrænsninger

# Modeller

# Simulering

Struktur

Implemente

### Kontro

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Indsættelse af tank



# Løsninger og afgrænsninger

Agenda

Group 1030

### ntroduktion

Rensning af spildevar

Problemformule

### System beskrivelse Løsninger og afgrænsninger

Modeller

## Simulering

### Ommulerin

Preissmann

Implemente

### Kontro

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion

- Indsættelse af tank
- ► Enkelt kemisk komponent



# Løsninger og afgrænsninger

## Agenda

Group 1030

### ntroduktion

Rensning af spildevar

Problemformule

### System beskrivelse Løsninger og afgrænsninger

Modeller

### Cinculation

Simulemin

Preissmann

Implemente

### Kontro

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion

Indsættelse af tank

Enkelt kemisk komponent

Runde kloakrør



## Agenda

Group 1030

# System beskrivelse

# Modeller

# Simulering

Kloakledning

► Transport af koncentrat i kloakledning

Sammenkobling af kloakledninger



## Agenda

Group 1030

### Modeller

Diskussion/Konklusion

# Kloakledning

Saint-Venant

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

$$\frac{1}{gA}\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{gA}\frac{\partial \chi}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right) + \frac{\partial h}{\partial x} + S_f - S_b = 0$$

$$\frac{1}{gA}\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{gA}\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right) + \frac{1}{gA}\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right)$$

Transport af koncentrat i kloakledning

Sammenkobling af kloakledninger



## Agenda

Group 1030

## Modeller

# Kloakledning

Saint-Venant

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

$$\frac{1}{4A}\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{4A}\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{Q^2}{A}\right)$$

$$\frac{1}{gA}\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{gA}\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right) + \frac{\partial h}{\partial x} + S_f - S_b = 0$$

- Afhænger af flow i kloakledning
- Antagelser
- Sammenkobling af kloakledninger



## Agenda

### Group 1030

### Modeller

Kloakledning

Saint-Venant

Antagelser

► Kontinuitet: Impuls:

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

$$\left(\frac{Q^2}{\Lambda}\right)$$

$$\left(\frac{Q^2}{A}\right) + \frac{\partial P}{\partial x}$$

$$\frac{1}{gA}\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{gA}\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right) + \frac{\partial h}{\partial x} + S_f - S_b = 0$$

▶ Transport af koncentrat i kloakledning

Afhænger af flow i kloakledning

Antagelser

Sammenkobling af kloakledninger

Summering af flow og koncentrat

Antagelser



## Agenda

Group 1030

## Modeller

# Kloakledning

Saint-Venant

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

$$\frac{1}{gA}\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{gA}\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right) + \frac{\partial h}{\partial x} + S_f - S_b = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right)$$

$$\frac{1}{4}\left(\frac{Q^{2}}{A}\right)$$

$$\left(\frac{Q}{A}\right)$$

$$\left(\frac{P}{A}\right) + \frac{\partial n}{\partial x} + S_f - S_f$$

# Transport af koncentrat i kloakledning

- Afhænger af flow i kloakledning
- Antagelser
- Sammenkobling af kloakledninger
  - Summering af flow og koncentrat
  - Antagelser
- Tank
  - Ændring i højde og koncentrat
  - Antagelser



Agenda

Group 1030

ntroduktion

Rensning af spildevar

1 Toblemior malering

System beskrivelse

Løsninger og

afgrænsninge

Modeller

Simulering

Struktur

reissmann

Implementering

Implementering

Kontrol

Linearisering MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Intialisering



Agenda

Group 1030

ntroduktion

Rensning af spildevar

Problemformuler

System beskrivelse

afgrænsninger

Modeller

Simulering

Struktur

1 1010011101111

mplementerin

Kontrol

Lineariserin

Dogultot

Diskussion/Konklusior

# Intialisering

Opsætning af komponenter



## Agenda

Group 1030

### ntroduktior

Rensning af spildevar

Problemformuler

# System beskrivelse

afgrænsninger

Modeller

### Simulering Struktur

Diraktar

mplementerin

### Kontrol

Linearisering

Resultat

Diskussion/Konklusion

# Intialisering

- Opsætning af komponenter
- ► System i steady state



## Agenda

Group 1030

### ntroduktio

Rensning af spildevar

Problemformule

# System beskrivelse

afgrænsninge

Modeller

# Simulering

## Struktur

Preissmann

Implementaring

IIIpioilioilioili

### Kontrol

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusio

# Intialisering

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



## Agenda

Group 1030

Modeller

## Struktur

# Intialisering

- Opsætning af komponenter
- System i steady state

# Simulering

Iterativ beregning af komponenterne



## Agenda

Group 1030

### ntroduktio

Rensning af spildevar

Problemformulei

## System beskriver

afgrænsninge

01...

## Struktur

Preissmann

Implementerin

## Kontrol

Linearisering

Resultat

Diskussion/Konklusion

# ► Intialisering

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



# Preissmann

Agenda

Group 1030

System beskrivelse

Modeller

Simulering

Preissmann

► Kinematisk bølge approksimation

$$ightharpoonup S_b = S_f$$

► Fyldningsgrads kurve for rør



Group 1030

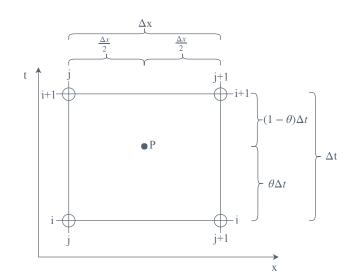
## System beskrivelse

Modeller

Preissmann

### Kontrol

### Resultat





# Preissmann stabilitet

Agenda

Group 1030

### ntroduktion

Rensning af spildevan

Problemformuler

## System beskrivelse

Løsninger og afgrænsninger

# Modeller

### . . . .

### Simulering

Preissmann

Implementer

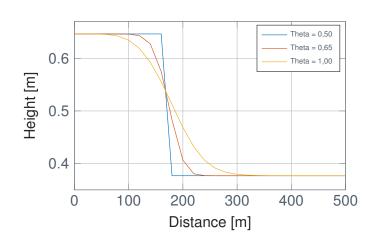
### Implemente

Lineariserin

Resultat

Diakussian/Kanklusian

Ubetinget stabilitet





# Courant's tal

Agenda

Group 1030

ntroduktion

Rensning af spildevar

Problemformule

System beskrivelse

Løsninger og

afgrænsninger

Modeller

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementer

Implemente

Kontrol

Lineariserin

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusior

► Indikation af præcision

$$C_r = \frac{\sqrt{g \cdot \overline{\mathsf{H}}} \cdot \Delta t}{\Delta x}$$



Group 1030

### Introduktio

Rensning af spildeva

Problemiormuleri

## System beskrivels

Løsninger og

# Modeller

### Cincillania

Ommunom

Preissmann

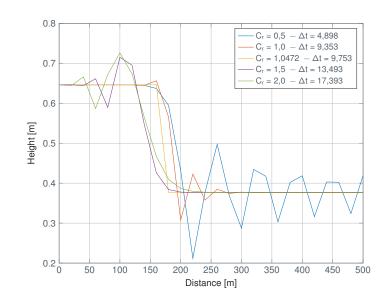
Implemente

### Kontrol

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion





Group 1030

### Introduktio

Rensning af spildeva

Problemiormulerin

## System beskrivels

Løsninger og

Modeller

### Cinculation

Preissmann

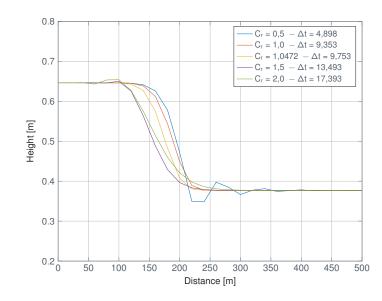
Implementer

### Kontrol

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion





Group 1030

# System beskrivelse

# Modeller

### Simulering

Implementering

Resultat

► Implementering

Kontrol

Resultater

Diskussion/Konklusion



Group 1030

### atroduktion

Rensning af spildevar

Problemformuler

# System beskrivelse

Løsninger og

### atgrænsninger

Modeller

Simulering

Struktur

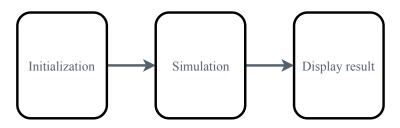
### Implementering

## Kontrol

Linearisering MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion





Group 1030

### Implementering

Diskussion/Konklusion

# 1. Rør

- Længde [m]
- Sektioner
- S<sub>b</sub> (Hældning) [‰]
- $\Delta x = Længde/Sektioner [m]$
- Diameter [m]
- Theta
- $ightharpoonup Q_f[m^3/s]$
- Side inflow
- Placering i data

# 2. Tank

- ▶ Størrelse [m³]
- ► Højde [m]
- ► Areal = Størrelse / Højde [m²]
- ► Maksimum outflow [m³/s]
- Placering i data



Group 1030

### ntroduktio

Rensning af spildevand

# System beskrivelse

afgrænsninge

### aigreonomige

# Modeller

Simulerin

Struktur

Implementering

implementering

### Kontrol

Linearisering MPC

Resultat

Diekussion/Konklusion

# ► Steady state

► System opsætning

Fields	type type	□ component	sections
1	'Pipe'	1	35
2	'Tank'	1	1
3	'Pipe'	17	207
4	'Tank'	1	1
5	'Pipe'	1	38
6	'Total'	21	282



Group 1030

### ntroduktion

Rensning af spildeva

Problemformule

### System beskrivels

Løsninger og

Modeller

### ....

## Simulering

Struktur

Preissmann

Implementering

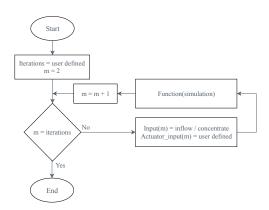
### Mandaal

Linearisering

Pocultat

Diskussion/Konklusion

Beregner parameter for hvert tidsskridt





### Group 1030

### ntroduktio

Rensning af spildevan

# System beskrivels

Løsninger og

## Modeller

### Cian desir

Otroletor

Desiren

## Implementering

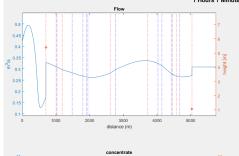
# Kontrol

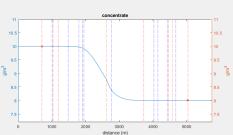
# Lineariserin

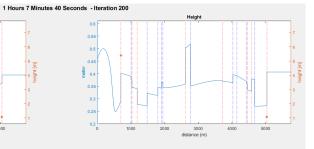
MPC

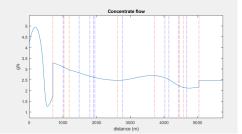
Resultat

Diskussion/Konklusio









Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Group 1030

Linearisering

Resultat

Diskussion/Konklusion

Lineær model til MPC

Linearisering af kontinuitets ligningen

Højde states

Preissmann scheme

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

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



Group 1030

#### ntroduktion

Rensning af spildevan

# System beskrivels

Løsninger og

#### argreeneminger

# Modeller

Simulem

Struktur

Preissmann

Implemente

Kontro

### Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Opstilles på state space form

$$\left[\underbrace{\frac{1}{2\Delta t}\frac{\partial A}{\partial h} - \frac{\theta}{\Delta x}\frac{\partial Q}{\partial h}}_{a} \underbrace{\frac{1}{2\Delta t}\frac{\partial A}{\partial h} + \frac{\theta}{\Delta x}\frac{\partial Q}{\partial h}}_{b}\right] \begin{bmatrix} h_{j+1}^{j+1} \\ h_{j+1}^{j+1} \end{bmatrix} =$$

$$- \left[\underbrace{\frac{-1}{2\Delta t}\frac{\partial A}{\partial h} - \frac{(1-\theta)}{\Delta x}\frac{\partial Q}{\partial h}}_{c} \underbrace{\frac{-1}{2\Delta t}\frac{\partial A}{\partial h} + \frac{(1-\theta)}{\Delta x}\frac{\partial Q}{\partial h}}_{d} \right] \begin{bmatrix} h_{j+1}^{i} \\ h_{j+1}^{i} \end{bmatrix}$$

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Group 1030

#### atradulation

Rensning af spildevar

Problemformuler

# System beskrivels

Løsninger og

## Modeller

#### Cimularia

Simulemi

Olluktu

Implementer

#### Kontro

Linearisering

Resultat

Diskussion/Konklusion

$$\underbrace{ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & b_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_1 & b_2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_{m-1} & b_m \end{bmatrix}}_{\xi} \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^{i+1} \\ h_1^{i+1} \\ h_2^{i+1} \\ \vdots \\ h_m^{i+1} \end{bmatrix}}_{x(k+1)} = \underbrace{ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ c_0 & d_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & c_1 & d_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & c_{m-1} & d_m \end{bmatrix}}_{A} \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} - \underbrace{ \begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}$$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} 1 \\ -a_0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}}_{B} h_0^{i+1} + \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{\overrightarrow{aQ}}{\overrightarrow{QQ}} \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}}_{B_d} d_0^{i+1}$$



Group 1030

#### Introduktio

Rensning af spildevar

Problemformulering

# System beskrivels

Løsninger og

#### Modeller

#### Simularia

----

011011101

Implementer

#### Kontro

Linearisering

#### Resultat

► e - Forøgelse af højde i tank(inflow)

► f - Reducering af højde i tank(Outflow)

► g - Inflow i efterfølgende rør

$$\begin{bmatrix} b_{1,2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & a_{2,1} & b_{2,2} \end{bmatrix} \underbrace{\begin{bmatrix} h_{1,2}^{l+1} \\ h_{tank}^{l+1} \\ h_{2,0}^{l+1} \\ h_{2,1}^{l+1} \end{bmatrix}}_{\chi(k+1)}$$

$$= \underbrace{\begin{bmatrix} d_{1,2} & 0 & 0 & 0 \\ e & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c_{2,0} & d_{2,1} \end{bmatrix}}_{A} \underbrace{\begin{bmatrix} h_{1,2}^{l} \\ h_{2,0}^{l} \\ h_{2,0}^{l} \\ h_{2,1}^{l} \end{bmatrix}}_{\chi(k)} + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -f \\ 0 & g \\ 0 & 0 \end{bmatrix}}_{B} \begin{bmatrix} h_{0}^{l+1} \\ u_{tank} \end{bmatrix}$$

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Group 1030

#### ntroduktion

Rensning af spildevar

Problemformule

# System beskrivelse

Løsninger og afgrænsninge

# Modeller

#### \_\_\_\_\_

# Simulering

Struktur

landaman.

implemente

#### KOHITO

#### Linearisering MPC

Resulta

....

Diskussion/Konklusion

► Samligning af ulineær og lineær model for små forstyrrelser

- ► System setup
- Sinus input

Type	Components	Sections
Pipe	1	35
Tank	1	1
Pipe	18	227
Total	20	263





#### ntroduktion

Rensning af spildevand

# System beskrivels

Løsninger og

# Modeller

#### \_\_\_\_\_

Simulem

Struktu

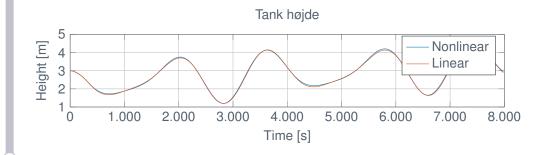
Implemente

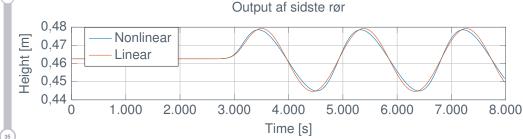
### Kontro

Linearisering

Resultat

Diskussion/Konklusion





Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Group 1030

### ntroduktion

Rensning af spildevar

Problemformule

# System beskrivelse

Løsninger og afgrænsninger

### afgrænsninger

# Modeller

## Simulering

Ominaicini

Struktur

Preissmann

Implementer

#### Kontro

Lineariserin MPC

D . . . . . . . .

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Cost funktion

- Afgrænset til at minimiere flow variationer
- ▶ Constraints
  - ► Højde
  - Kontrol input
- Prediktions model



Group 1030

### ntroduktion

Rensning af spildevand

# System beskrivels

afgrænsninge

# Modeller

#### Simulerin

Struktur

Preissman

Implemente

#### Kontro

MPC

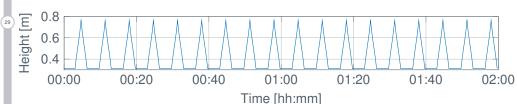
#### Resultat

Diskussion/Konklusion

 Begrænset i længde af prediktions horisont

- System setup
- ► Forstyrrelses input

Fields	type type	component	<b>⊞</b> sections
1	'Pipe'	1	5
2	'Tank'	1	1
3	'Pipe'	1	5
4	'Total'	3	11





Height [m]

0.32

0,31

0,30

00:00



Group 1030

### ntroduktion

Rensning af spildevand

# System beskrivels

Løsninger og afgrænsninger

# Modeller

#### Simulering

Omnulcing

Strukt

Implemente

## Kontr

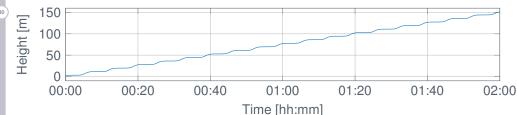
Linearise MPC

## Resultat

Diskussion/Konklusion



# Tank højde



Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark





#### ntroduktio

Rensning af spildevand

# System beskrivels

Løsninger og

# Modeller

#### 01-1-1-1-

Simulerin

Struktur

Implemente

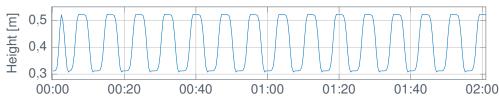
## Kontr

Linearise MPC

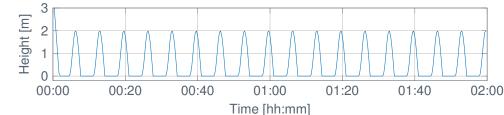
### Resultat

Diskussion/Konklusion

# Input højde i rør efter tank







Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Group 1030

#### ntroduktio

Rensning af spildevar

Problemformuler

# System beskrivelse

afgrænsninger

#### Modeller

#### Simularin

-----

Struktur

Implementeri

### Kontro

Lineariserin

### Resultat

Diskussion/Konklusion

 System setup, efterligning af Fredericia

► Flow profiler

Type	Component	Sections
Pipe	1	35
Tank	1	1
Pipe	17	207
Tank	1	1
Pipe	1	38
Total	21	282



## ntroduktion

Rensning af spildevand

# System beskrivels

Løsninger og

## afgrænsninger

Modeller

### \_\_\_\_\_

Simulering

Struktur

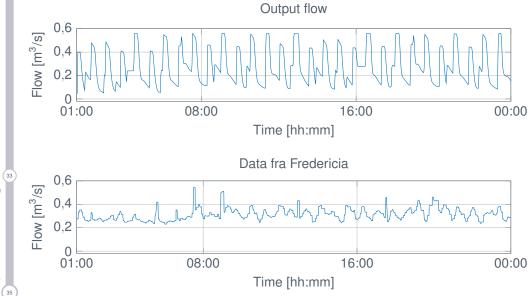
Implemente

# Kontrol

MPC

# Resultat

Diskussion/Konklusion



Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark





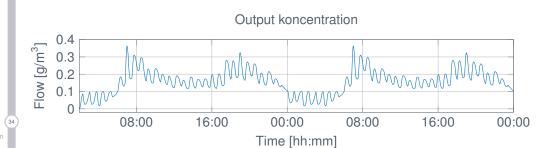
#### Modeller

Simulering

## Kontrol

# Resultat







# Diskussion/Konklusion

## Agenda

Group 1030

#### ntroduktion

Rensning af spildevar

Problemformule

# System beskrivelse

afgrænening

### Modeller

# Simulering

#### Ominaicini

Droicemann

I reissinanii

#### Kontro

Linearisering

Resultat

Diskussion/Konklusion 35

- ► Courant's tal
- ► Model reduktion
- Simulering
- ► MPC