# 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

Diskussion/Konklusion

# Introduktion

Kloakker og rensningsanlæg generelt

Problem formulering

# System beskrivelse

Løsninger og begrænsninger

# Modellering

# Simulering

Struktur

Preissmann

Implementering

# Kontrol

Linearisering

**MPC** 

Resultat

Diskussion/Konklusion

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark 51



# Typisk opbygning af kloak ledning

Agenda

Group 1030

### Introduktion

Kloakker og rensningsanlæg generelt

Problem formuler

### System beskrive

Løsninger og

### hearsensninger

Modellering

### ....

Simulering

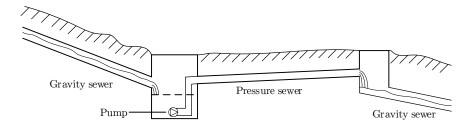
Droinomon

IIIpieilieliteli

## ......

Lineariserin

Resulta





# Tilstande i kloakken

Agenda

Group 1030

ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg generelt

Problem formularia

System beskrivelse

Cystom boskino

begrænsning

Degrænsning

Modellering

Modellerin

Cimularina

Struktur

Preissma

Implemente

Kontrol

Lineariserin

Resultat

riodditat

Diskussion/Konklusion

 $\blacktriangleright \ \text{Aerob} \to \textit{O}_2 \to \textit{H}_2\textit{O}$ 



# Tilstande i kloakken

Agenda

Group 1030

# ntroduktion

### Kloakker og rensningsanlæg generelt

Problem formuler

## System beskrivelse

Løsninger og

## begrænsninger

Modellering

### Modelie

Simulering

Droinomon

Implemente

Kontrol

Lineariseri

Resultat

Diskussion/Konklusion

$$\blacktriangleright \ \text{Aerob} \to \textit{O}_2 \to \textit{H}_2\textit{O}$$

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



# Tilstande i kloakken

Agenda

Group 1030

Kloakker og rensningsanlæg generelt

Modellering

ightharpoonup Aerob ightarrow  $O_2 
ightarrow$   $H_2O$ 

► 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

Kloakker og rensningsanlæg generelt

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



# Udfordringer ved spildevands rensning

Agenda

Group 1030

### Kloakker og rensningsanlæg generelt

- ▶ 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

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

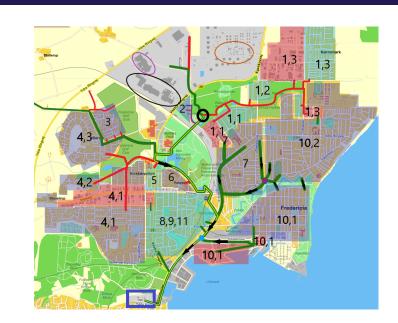
# System beskrivelse

# Modellering

Simulering

# Kontrol

# Resultat





# Udgangspunkt i et virkeligt setup

# Agenda

Group 1030

### ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg gene

# System beskrivelse

Løsninger og hegrænsninge

### Modellerina

Modellelll

# Ottoridation

Preissmann

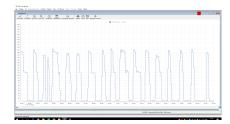
Implementerin

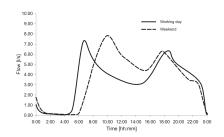
# Kontrol

Lineariserin

### Resulta

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







Group 1030

# System beskrivelse

Løsninger og

# begrænsninger

Modellering

Simulering

# Kontrol

Resultat

▶ Indsættelse af tank.



Group 1030

## System beskrivelse

Løsninger og

# begrænsninger

Modellering

Resultat

- Indsættelse af tank.
- ► Afgrænse simulering til enkelt kemisk component.



Group 1030

# System beskrivelse

Løsninger og

# begrænsninger

Modellering

Resultat

Indsættelse af tank.

- ► Afgrænse simulering til enkelt kemisk component.
- Runde kloak rør.



# 4 modeller

# Agenda

Group 1030

# System beskrivelse

# Modellering

# Kloak ledning.

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



Group 1030

# troduktion

Kloakker og rensningsanlæg gene

Problem formulering

## System beskrive

Løsninger og

## . . . . .

# Modellering

Simulerii

Drainamann

Preissmann

# IIIIpieilieiliei

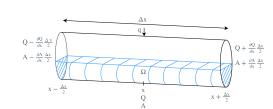
Lineariseri

Resultat

Diskussion/Konklusio

► Kontinuitets ligning:

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





Group 1030

# Modellerina

Diskussion/Konklusion

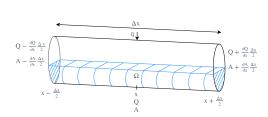
# ► Kontinuitets ligning:

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

# Impuls ligning:

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

$$\frac{\partial h}{\partial x} + S_f - S_b = 0$$





Group 1030

# ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg gene

Problem formuler

# System beskrive

Løsninger og

# begrænsninger

# Modellering

# Simulering

Struktur

Preissmann

Implementer

# Kontro

Lineariseri

Resultat

Diskussion/Konklusion

# ► Kontinuitets ligning:

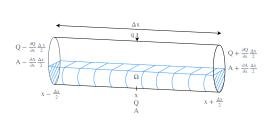
$$\frac{\partial A(x,t)}{\partial t} + \frac{\partial Q(x,t)}{\partial x} = 0$$

► Impuls ligning:

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

$$\frac{\partial h}{\partial x} + S_f - S_b = 0$$

 Approksimationer af momentum ligningen.





# Agenda

Group 1030

## ntroduktion

Kloakker og

rensningsanlæg gene

Problem formule

# System beskrivelse

Løsninger og

### Løsninger og

begrænsning

# Modellering

### Modellerin

01111010111

- .

r reissiliani

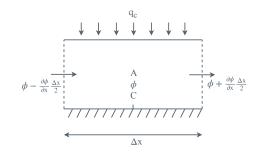
Implementerir

# Kontrol

Linearisering

\_

Diskussion/Konklusion



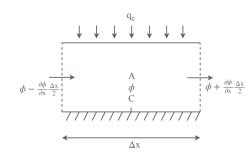


# Agenda

Group 1030

# Modellerina

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





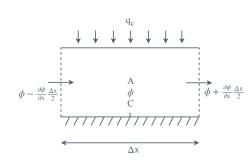
# Agenda

Group 1030

# Modellerina

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

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





# Agenda

Group 1030

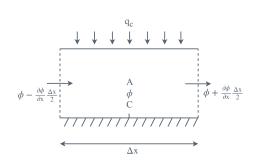
# Modellerina

Diskussion/Konklusion

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

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

► Afhænger af kendt A og Q.





# Sammenkobling af kloak ledninger

# Agenda

Group 1030

# System beskrivelse

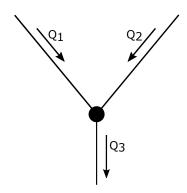
# Modellering

## Simulering

Resultat

# ► Flow:

$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$





# Sammenkobling af kloak ledninger

# Agenda

Group 1030

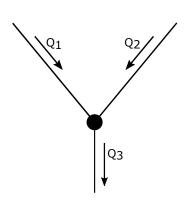
# Modellering

# ► Flow:

$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$

Koncentrat:

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





Group 1030

# System beskrivelse

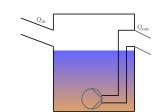
# Modellering

Kontrol

Resultat

# ► Højde:

$$\frac{dh(t)}{dt} = \frac{1}{A} \left( Q_{in}(t) - u(t) \cdot \overline{Q} \right)$$





Group 1030

# Modellerina

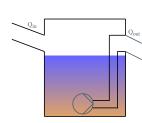
Diskussion/Konklusion

Højde:

$$\frac{dh(t)}{dt} = \frac{1}{A} \left( Q_{in}(t) - u(t) \cdot \overline{Q} \right)$$

Koncentrat:

$$\frac{\textit{dC}_{\textit{tank}}(t)}{\textit{dt}} = \frac{1}{\textit{A}} \left( \textit{C}_{\textit{in}}(t) \cdot \frac{\textit{Q}_{\textit{in}}(t)}{\textit{h}(t)} - \textit{C}_{\textit{tank}}(t) \cdot \frac{\textit{Q}_{\textit{out}}(t)}{\textit{h}(t)} \right)$$



Group 1030

## ntroduktion

Kloakker og reneningsanlæg gene

Problem formulari

## System beskrivelse

Løsninger og

### Løsninger og

. . . . . .

# Modellering

# Simulering

Struktur

ssmann

Implementering

# Kontrol

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion



Group 1030

## ntroduktio

rensningsanlæg gene

D. I.I. / I.I.

# System beskrivelse

Løsninger og

### Løsninger og

## Modellering

### WIOGCIICIIII

# Simulering Struktur

uuktui

rieissilidilli

impiementerin

# Kontrol

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion

# ► Intialisering

► Opsætning af komponenter.



Group 1030

## ntroduktior

rensningsanlæg gene

Problem formulering

# System beskrivelse

Løsninger og

### . .

Modellering

# Simulering

# Struktur

iuktui

Implementaria

Implementerin

## Kontrol

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion

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



Group 1030

### ntroduktio

rensningsanlæg gene

Problem formulering

# System beskrivelse

Løsninger og

Modellering

# Simulering

## Struktur

roloomonn

Implementering

impiementering

# Kontrol

Lineariserin

Resulta

Diskussion/Konklusion

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



Group 1030

## ntroduktio

rensningsanlæg gene

Problem formulering

# System beskrivelse

Løsninger og

Modellerir

### Simulering

# Struktur

Preissmann

Implementerin

### Implementerin

Kontrol

# Lineariserin

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

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



Group 1030

## ntroduktio

rensningsanlæg gene

Problem formulering

# System beskrivelse

Løsninger og

### Modellorin

Modellelli

# Simulerina

# Struktur

Preissmann

Implementerir

IIIpieilieilieili

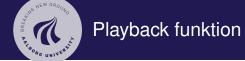
# Kontrol

Linearisering MPC

Resulta

Diskussion/Konklusion

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



Group 1030

## ntroduktion

Kloakker og

Problem formularing

## System beskrivelse

Løsninger og

Modellering

# Struktur

truktur

Preissmann

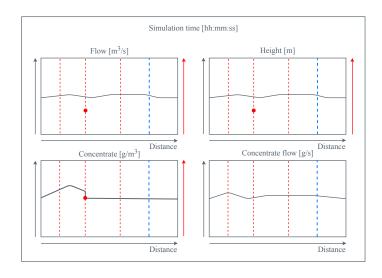
Implementeri

## Kontrol

Lineariserir

Resultat

Diskussion/Konklusion





Group 1030

# System beskrivelse

# Modellering

Preissmann

Resultat

► Kinematisk bølge aproksimering.

► Fyldningsgrad kurve for rør.



Group 1030

## ntroduktion

Kloakker og

Problem formularing

# System beskrivelse

Løsninger og

Modellering

Simulering

Preissmann

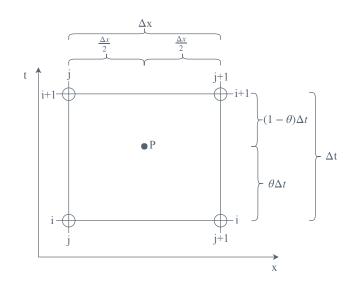
### Implemente

### Implementer

Kontrol Lineariserir

Resultat

Diskussion/Konklusion





# Preissmann iteration

## Agenda

Group 1030

## troduktion

Kloakker og rensningsanlæg gene

## System hoskrival

Løsninger og

## Modellering

Cianulada

Otendeton

## Preissmann

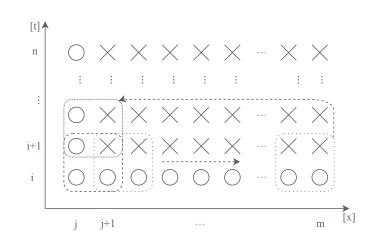
## Implementeri

## Vontral

Lineariserii MPC

## Resultat

Diskussion/Konklusion





# Preissmann stabilitet

Agenda

Group 1030

## ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg gene

Problem formulering

### System beskrivels

Løsninger og

## Modellering

Simulen

Preissmann

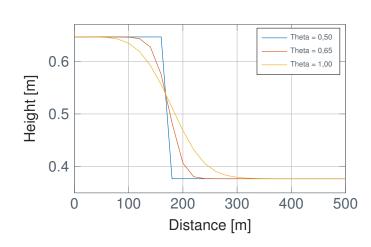
Implementeri

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion

Ubetinget stabilitet





Group 1030

ntroduktior

Kloakker og

Problem formule

System beskrivelse

System beskriver

Løsninger og

begrænsning

Modellering

....

Simulerin

Preissmann

1 1010011141111

Implementeri

Kontrol

Lineariseri

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Indikation af præcision

# Courant's tal

Agenda

Group 1030

System beskrivelse

Modellering

Simulering

Preissmann

Resultat

► Indikation af præcision

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



Group 1030

## Introduktio

Kloakker og

Droblam formularing

### System beskrive

Løsninger og

### ......

Modellering

Simulerii

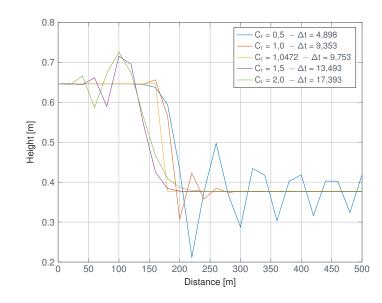
Preissmann

### Implementer

Kontrol

Resultat

Diskussion/Konklusion





Group 1030

## Introduktio

Kloakker og

Problem formularing

### System beskrivel

Løsninger og

## Modellering

### . . . . .

----

Preissmann

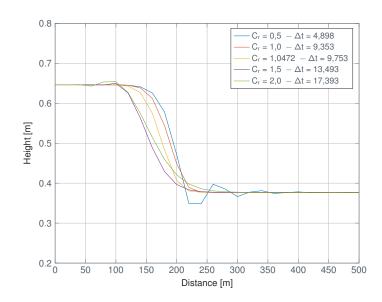
### Implementer

# Kontrol

Lineariserir

Resultat

Diskussion/Konklusion





Group 1030

## Introduktio

Kloakker og

Problem formularing

## System beskrivelse

Løsninger og

### begrænsninger

## Modellering

## ....

Simulering

Struktur

Preissmann

## Implementering

## Kontrol

Lineariserin

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

- Implementation
- ► Kontrol
- ► Resultater
- Diskussion
- ▶ Konklusion



Group 1030

## ntroduktion

Kloakker og

Doubles from John

## System beskrivelse

Løsninger og

### --5.-----

## Modellering

imuleri

Outun

Preissmann

Implementering

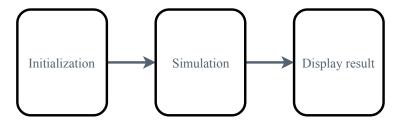
## Kontrol

Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion





Group 1030

Implementering

Diskussion/Konklusion

# 1. Pipe

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

## 2. Tank

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



Group 1030

## ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg gene

## System beskrivelse

Løsninger og

## Modellering

W COO O O O O

## Simulering Struktur

Preissmann

Implementering

Lineariseri

Resultat

Diskussion/Konklusio

# Rør specifikationer

Fields	length	= sections	<b>⊞</b> Dx	<b>⊞</b> Sb	<b>⊞</b> d	H Theta	<b>⊞</b> Qf	☐ side_inflow	data_location
1	700	35	20	0.0030	0.9000	0.6500	0.9730	0	1
2	303	15	20.2000	0.0030	0.9000	0.6500	0.9730	0	3
3	27	2	13.5000	0.0030	1	0.6500	1.2843	1	4
4	155	8	19.3750	0.0041	1	0.6500	1.5014	0	5
5	295	14	21.0714	0.0122	0.8000	0.6500	1.4386	0	6
6	318	15	21.2000	0.0053	0.9000	0.6500	1.2932	1	8



Group 1030

## System beskrivelse

## Modellering

## Implementering

Resultat

► Tank specifikationer

Fields	Ш	size	Height	area		Q_out_max	data_location
1		90	10		9	0.9730	2
2		90	10		9	1.2932	7



Group 1030

## ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg gene

Problem formularing

## System beskrivelse

Løsninger og

### bogitorioringo

## Modellering

## Simularina

0.....

Preisemann

1 1010011101111

Implementering

## IZ. . I . . I

## Lineariserine

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

# ► System specifikationer

Fields	type type	<b>⊞</b> component	sections     sections
1	'Pipe'	1	35
2	'Tank'	1	1
3	'Pipe'	4	39
4	'Tank'	1	1
5	'Pipe'	14	206
6	'Total'	21	282



Group 1030

## ntroduktion

Kloakker og

Droblem formularing

## System beskrivelse

Løsninger og

### bogitorioringor

Modellering

\_\_\_\_

Preisemann

## Implementering

## Kontrol

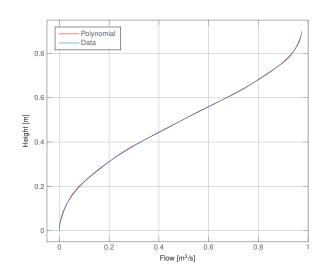
## Lineariserin

Lineanoenn

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

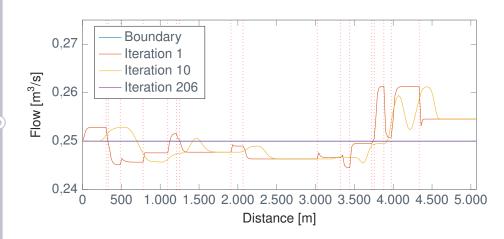




Group 1030

Modellering

## Implementering





Group 1030

## ntroduktior

Kloakker og rensningsanlæg gener

## System beskrivels

Løsninger og

### begrænsninger

## Modellering

Simularing

## Struktur

Preissmann

## Implementering

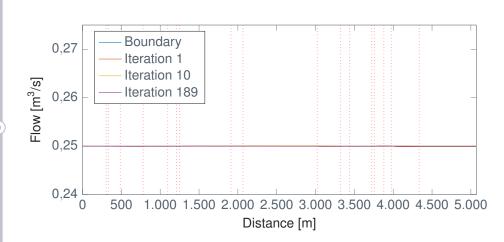
, . . . . .

## Kontrol

Lineariseri

## Resulta

Diskussion/Konklusio





Group 1030

## ntroduktio

Kloakker og

Droblem formularing

### System beskrivels

Løsninger og

### begrænsninger

Modellering

### . . .

Simulei

Preissmann

## Implementering

## implementering

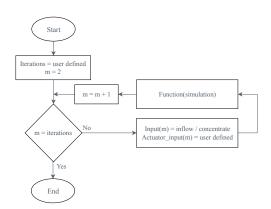
## Lineariserine

Linearisering

Resulta

Diskussion/Konklusion

► Itererer igennem rør og tank for hvert tidsskridt





## Group 1030

### ntroduktio

rensningsanlæg genere

## System beskrivel

Løsninger og

## begrænsninger

# Modellering

### Simulerin

Preissmann

## Implementering

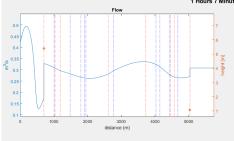
## impiementei

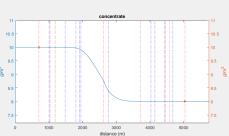
## Kontrol Lineariserii

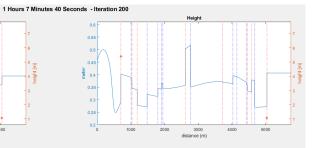
MPC

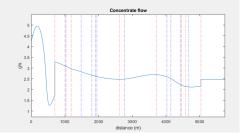
## Resultat

Diskussion/Konklusion









Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Group 1030

## ntroduktion

Kloakker og

Problem formuler

### System beskrivels

Løsninger og

### begrænsninger

Modellerin

### Modellerin

Otendeton

Droinomor

Preissmani

Implementer

## Kontro

Linearisering

MPC

Resulta

Diskussion/Konklusion

► Linearisering af ulineær model

► Opstilles på state space form

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

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



Group 1030

## ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg gen

rensningsanlæg gene

## System beskrive

Løsninger og

### begrænsninger

## Modellering

### Simulerir

Struktur

Preissman

Implementer

Implemente

## Kontro

Linearisering

Resulta

riodaliai

Diskussion/Konklusion

► Priessmann scheme

► Opsat på matrix og vektor form

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

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



Group 1030

## atroduktion

Kloakker og rensningsanlæg gene

Problem formulering

### System beskrivels

Løsninger og

### begrænsninger

## Modellering

### . . . .

Struktur

Preissmann

Implementer

Implementeri

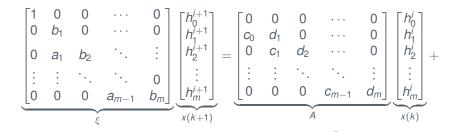
### Kontrol

Linearisering

Resultat

nesultat

Diskussion/Konklusion



 $-a_0$ 

 $\overline{dQ}$ 

 $B_d$ 



Group 1030

## Introduktion

Kloakker og rensningsanlæg gene

Problem formulering

### System beskrivel

Løsninger og

## Modellerina

0. . .

Preissmann

Implemente

...

## Kontro

Linearisering

Resulta

Diskussion/Konklus

► e - Forøgelse af højde i tank(inflow)

► f - Reducering af højde i tank(Outflow)

► g - Inflow i efterfølgende rør

$$= \underbrace{ \begin{bmatrix} b_{1,2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & a_{2,1} & b_{2,2} \end{bmatrix} \underbrace{ \begin{bmatrix} h_{1,2}^{i} \\ h_{2,1}^{i+1} \\ h_{2,0}^{i+1} \\ h_{2,0}^{i+1} \end{bmatrix}}_{x(k+1)} }_{A} + \underbrace{ \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -f \\ 0 & g \\ 0 & 0 \end{bmatrix} }_{B} \underbrace{ \begin{bmatrix} h_{0}^{i+1} \\ h_{2,0}^{i} \\ h_{2,1}^{i} \end{bmatrix} }_{x(k)} + \underbrace{ \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -f \\ 0 & g \\ 0 & 0 \end{bmatrix} }_{B} \underbrace{ \begin{bmatrix} h_{0}^{i+1} \\ u_{tank} \end{bmatrix} }_{A}$$



Group 1030

## System beskrivelse

## Modellering

Linearisering

Resultat

► Samligning af ulineær og linear model

System setup

► Sinus input

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





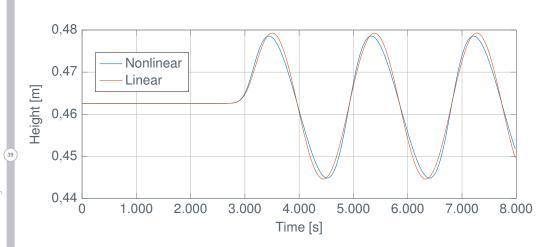
Group 1030

## Modellering

## Kontrol

Linearisering

Resultat





Group 1030

## System beskrivelse

## Modellering

MPC

## Cost function

- Afgrænset til at minimiere output variationer
- ▶ Constraints
  - ► Højde
  - Kontrol input
- ► Prediction model



Group 1030

# Modellering

MPC

Diskussion/Konklusion

Bestemmelse af Prediction horizon

- Flow profiler
- ► Industri
- Begrænsning af Prediction horizon
- 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





Group 1030

## ntroduktion

Kloakker og

Droblem formularing

## System beskrivelse

Løsninger og

## begrænsninger

begrænsning

## Modellering

### Simulering

Struktur

Preissman

Implemente

mpiomonio

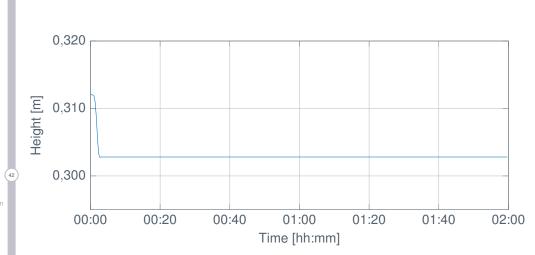
# Kontrol

MPC

Resultat

Resultat

Diskussion/Konklusio







Group 1030

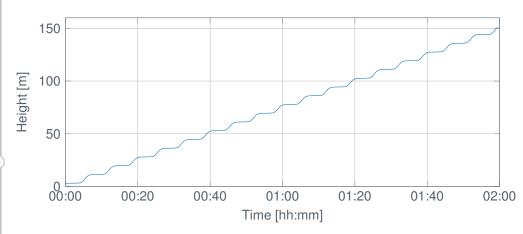
## System beskrivelse

## Modellering

## Kontrol

MPC

Resultat



Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Group 1030

## ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg gener

## System beskrivelse

Løsninger og

### Løsninger og

# Modellering

### Simulerin

0.....

Preissmann

Implementeri

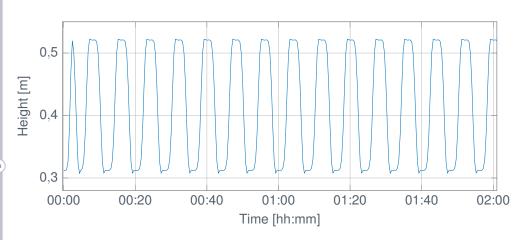
## Kontrol

Lineariserir

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusio





Group 1030

## System beskrivelse

Modellering

Simulering

## Resultat

► 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



Group 1030

### atroduktion

Kloakker og rensningsanlæg gene

Problem formulering

## System beskrivelse

Løsninger og

### Løsninger og hegræneninger

--5-----

## Modellering

### 01-----

0.....

Preissmann

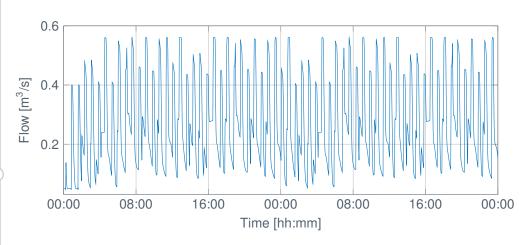
Implementeri

## Kontrol

Lineariserir

## Resultat

Diskussion/Konklusio



Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



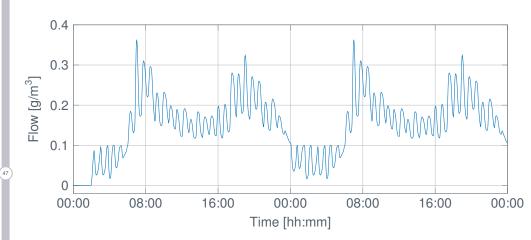
Group 1030

System beskrivelse

# Modellering

## Kontrol

## Resultat



Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Group 1030

## ntroduktio

Kloakker og

Problem formulei

## System beskrivelse

Løsninger og

### begrænsninger

## Modellering

Simulering

Droinomono

Preissmann

Implementeri

## Kontrol

Linearisering

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Over dimensioneret tank

► Konstant output af tank



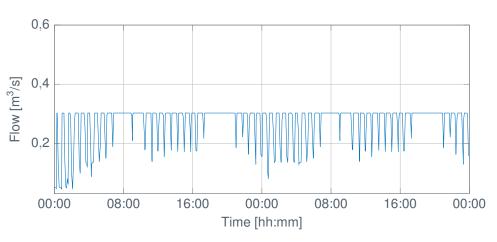
Group 1030

## System beskrivelse

## Modellering

Kontrol

## Resultat





Group 1030

## ntroduktion

Kloakker og

rensningsanlæg gene

Problem formule

## System beskrivelse

Løsninger og

### Løsninger og

Modellering

## Modellerin

## Cimularina

Struktu

Preissmann

. . .

Implemente

## Kontro

Linearisering

Resultat

Diskussion/Konklusion 50

## ► Courant's tal

- ► Model reduction
- Wastewater of Aerobic/Anaerobic Transformations in Sewers (WATS)



Group 1030

## ntroduktion

Kloakker og

Darblan francisco

## System beskrivelse

Løsninger og

### begrænsninge

Modellering

Simulei

Droinomonn

Preissmann

Implementering

## Kontrol

Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion 51

► Simulering

► MPC