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

rensningsanlæg

Problem formuler

System beskrivel

Løsninger o begrænsnir

begrænsninger

Modellerin

....

Struktur

Preissmann

Implementerin

Kontrol

MPC

Resulta

Diskussion/Konklusion

Introduktion

Kloakker og rensningsanlæg 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
47



Typisk opbygning af kloak ledning

Agenda

Group 1030

Introduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivels

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Simulering

Droinomono

Preissmann

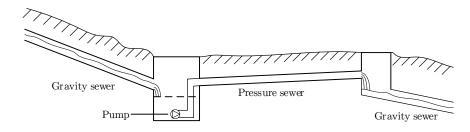
Implementeri

Kontro

Lineariserin

....

nesultat





Agenda

Group 1030

ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivelse

System beskriver

Løsninger og

begrænsninge

Modellering

Cimularina

Struktur

Preissmann

Implementeri

Kontro

Linearisering

Resultat

Diskussion/Konklusion

Mekanisk rensning



Agenda

Group 1030

ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

11100001101111

Simulerin

OII UKUUI

Preissmann

impiementerin

KOHITOI

Lineariserin

Resultat

- ▶ Mekanisk rensning
- Sandfang



Agenda

Group 1030

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Simulerir

Drojoomon

i iolooillailli

.....

Kontro

Linearisering

Resulta

- ► Mekanisk rensning
- Sandfang
- Primær rensning



Agenda

Group 1030

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

Modellering

11100001101111

Simulerin

Projesmann

FIBISSIIIdilli

Implementering

Kontrol

Lineariserin

Resulta

- ► Mekanisk rensning
- Sandfang
- Primær rensning
- ► Sekundær rensning



Agenda

Group 1030

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

Modellerin

.

Simulerir

Draicemann

Preissmann

Implementerin

Kontro

Linearisering

....

Diekussion/Konklusio

► Mekanisk rensning

- Sandfang
- ▶ Primær rensning
- Sekundær rensning
- Kemisk rensning



Agenda

Group 1030

Kloakker og rensningsanlæg

System beskrivelse

Virksomheds besøg ved Fredericia Spildevand og Energi A/S.



Agenda

Group 1030

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivels

Løsninger og

begrænsninger

Modellerin

Modellelli

Otendatu

Droinomor

FIEISSIIIdilli

Implementerin

Kontro

Lineariserin

MPC

Resulta

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



Agenda

Group 1030

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivel

Løsninger og

begrænsninger

Modellerin

Struktur

Droinomono

Preissmann

Implementer

Kontro

Linearisering

Resulta

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



Agenda

Group 1030

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivel

Løsninger og

begrænsninger

.

Modellerin

Simularina

Struktur

Preissmann

Preissmann

Implementeri

Kontroi

Linearisering

Resulta

- 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

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

Modellering

....

Simulering

Droinomon

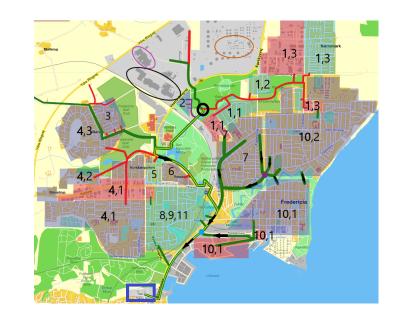
r reissiliani

Implementeri

Kontrol

Lineariserin

Resultat





Udgangspunkt i et virkeligt setup

Agenda

Group 1030

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

System beskrivelse

Løsninger og

Modellerina

Modellelll

Simulen

Preissmann

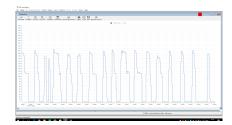
Implementerin

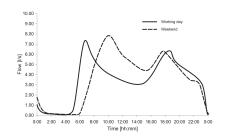
Lineariaeri

Lineariserin

Resulta

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







Løsninger og begrænsninger

Agenda

Group 1030

ntroduktion

rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og begrænsninger

bogiconomig

Modellering

Modelleriii

Olas de de

Struktur

Preissmann

Implementerin

Kontro

Lineariserin

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

▶ Indsættelse af tank



Løsninger og begrænsninger

Agenda

Group 1030

troduktion

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og begrænsninger

.

1110001101111

Simularin

Struktur

Preissmann

Implementer

Kontro

Lineariserin

Diskussion/Konklusio

▶ Indsættelse af tank

► Afgrænse simulering til enkelt kemisk component



Løsninger og begrænsninger

Agenda

Group 1030

troduktion

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

System beskrivelse

Løsninger og bearænsninger

begrænsning

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementer

Kontro

Lineariserin

Diskussion/Konklusion

Indsættelse af tank

► Afgrænse simulering til enkelt kemisk component

► Runde kloak rør



Agenda

Group 1030

Modellering

Diskussion/Konklusion

Kloak ledning

Saint-Venant

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

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

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

Antagelser

Transport af concentrat i kloak ledning

Sammenkobling af kloakledninger

Tank.



Agenda

Group 1030

stroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrive

Løsninger og hearænsning

begrænsninger

Modellering

Struktur

Preissmann

Implementer

...

Lineariserir

Resulta

Diskussion/Konklusion

► Kloak ledning

- ► Saint-Venant
- ► Kontinuitet:

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

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

- ► Transport af concentrat i kloak ledning
 - ► Afhænger af flow i kloak ledning
 - Antagelser
- ► Sammenkobling af kloakledninger

► Tank.



Agenda

Group 1030

Modellerina

Diskussion/Konklusion

Kloak ledning

► Impuls: Antagelser

- Saint-Venant
- Kontinuitet:

$$\frac{\partial A(x, t)}{\partial t}$$

$$\frac{\partial (x,t)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t}$$

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

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

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

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

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

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

$$\left(\frac{\overline{A}}{A}\right)$$
 +

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

$$\frac{\partial S}{\partial x} + S_f - S_b$$

- Transport af concentrat i kloak ledning
 - Afhænger af flow i kloak ledning
 - Antagelser
- Sammenkobling af kloakledninger
 - Summering af flow og koncentrat
 - Antagelser
- Tank.



Agenda

Group 1030

Modellerina

Diskussion/Konklusion

Kloak ledning

- Saint-Venant
- Kontinuitet:

► Impuls: Antagelser

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

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

$$\frac{Q^2}{Q^2}$$

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

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

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

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

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

$$\left(\frac{\partial}{\partial x}\right) + \frac{\partial n}{\partial x}$$

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

- Transport af concentrat i kloak ledning
 - Afhænger af flow i kloak ledning
 - Antagelser
- Sammenkobling af kloakledninger
 - Summering af flow og koncentrat
 - Antagelser
- Tank.
 - Ændring i højde og koncentrat
 - Antagelser



Agenda

Group 1030

ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

Modellering

modolioning

i.

Struktur

issmann

impiementerini

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion

Intialisering



Agenda

Group 1030

ntroduktio

rensningsanlæg

Problem formulerin

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninge

Modellering

Simulering

Struktur

in untui

eissmann

Implementering

Kontrol

Lineariserir

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Intialisering

Opsætning af komponenter



Agenda

Group 1030

ntroduktio

rensningsanlæg

Problem formulerin

System beskrivelse

Løsninger og

bogiconorning

wodellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Preissmann

IZ. . I . . I

Lineariseri

Resulta

Diskussion/Konklusion

► Intialisering

- Opsætning af komponenter
- ► System i steady state



Agenda

Group 1030

Introduktio

rensningsanlæg

Problem formulerin

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsning

Modellerin

Simulering

Struktur

reissmann

Implementering

Lineariserin

MPC

nesulta

Diskussion/Konklusion

► Intialisering

- Opsætning af komponenter
- System i steady state
- Simulering



Agenda

Group 1030

ntroduktio

rensningsanlæg

Problem formulerin

System beskrivel

Løsninger og

--5.----

Modellerin

Simulering

Struktur

reissmann

Implementerin

IIIpieilieilieili

Kontrol

Lineariserin

Resulta

Diskussion/Konklusion

► Intialisering

- Opsætning af komponenter
- System i steady state

Simulering

Iterativ beregning af komponenterne



Agenda

Group 1030

Struktur

Diskussion/Konklusion

► Intialisering

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



Group 1030

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

Modellering

.

Struktur

ruktur

rieissilialili

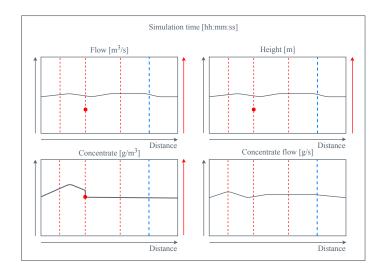
Implementerin

Kontrol

Lineariserin

MPC

Resultat





Group 1030

Introduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

System beskrivelse

Løsninger og

Degraonaring

Modellering

Simuleri

Ou diktor

Preissmann

Implementeri

...,

Lineariserin

Resultat

- ► Kinematisk bølge aproksimering
- ► Fyldningsgrad kurve for rør



Group 1030

and the second

Kloakker og

Problem formularin

System beskrivelse

Løsninger og

Modellering

Simulerii

Preissmann

Implemente

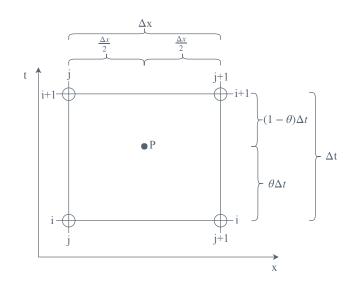
Implementer

Kontrol Lineariserii

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion



Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Preissmann iteration

Agenda

Group 1030

ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

System beskrivel

Løsninger og

Modellering

Cincillania

Struktur

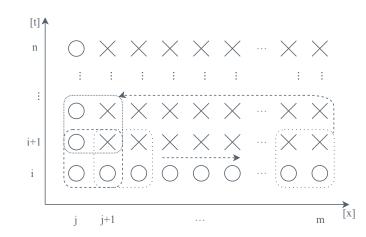
Preissmann

Implementer

mpiomonion

Lineariserir

Resultat





Preissmann stabilitet

Agenda

Group 1030

ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

System beskrivels

Løsninger og

Modellering

....

Preissmann

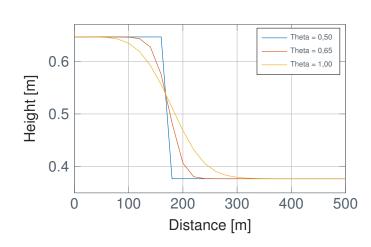
Implementeri

Implementen

KOHITOI

Diskussion/Konklusion

Ubetinget stabilitet



Courant's tal

Agenda

Group 1030

Introduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementer

. . . .

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Indikation af præcision

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



Group 1030

Introduktio

Kloakker og

Problem formuleri

System beskrivel

Løsninger og

Modellering

Modelleilli

Ollifuletti

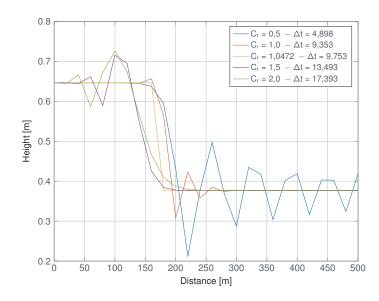
Preissmann

Implementer

Kontrol

Lineariser

Resultat





Group 1030

Introduktio

Kloakker og

Problem formulering

System beskrivel

Løsninger og

bogradilaringor

Modellering

Simulerir

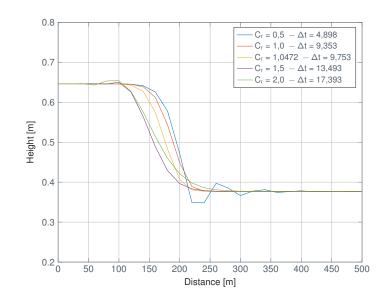
Preissmann

Implementer

Kontrol

Lineariseri

Resultat





Group 1030

System beskrivelse

Modellering

Implementering

Resultat

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



Group 1030

ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

System beskrivelse

Løsninger og

--5-----5-

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementering

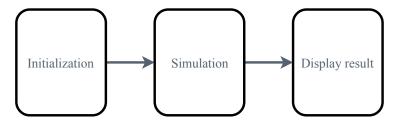
Kontrol

Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion





Group 1030

Implementering

Diskussion/Konklusion

1. Pipe

- ▶ længde [m]
- sektioner
- ► S_b (Hældning) [‰]
- $\Delta x = Længde/Sektioner [m]$
- Diameter [m]
- Theta
- $Q_f[m^3/s]$
- Side inflow
- Placering i data

2. Tank

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



Group 1030

System beskrivelse

Modellering

Simulering

Implementering

Resultat

► Rør specifikationer

Fields	length	= sections	⊞ Dx	⊞ Sb	⊞ d	H Theta	■ 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

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

System beskrivelse

Løsninger og

hoarmeninger

Modellering

Modelleilli

Droinomono

Preissmann

Implementering

. . . .

Lineariserin

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► 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

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

System beskrivelse

Løsninger og

Modellering

Modellerin

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementering

.

KOHITOI

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusio

► System specifikationer

Fields	type type	\coprod 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 rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Ollilulei

Desirence

Preissmann

Implementering

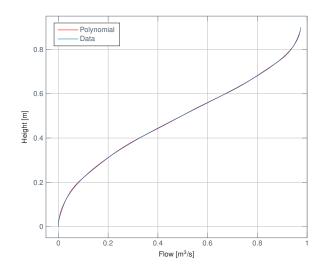
Kontrol

Lineariserin

MPG

Resultat

Diekussien/Kenklusien

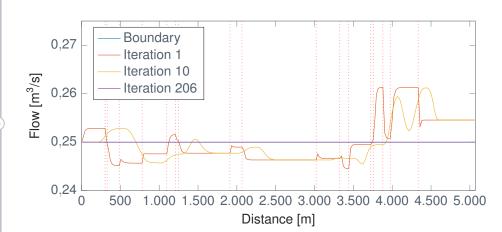




Group 1030

Modellering

Implementering





Group 1030

ntroduktio

rensningsanlæg

Systom backrivals

System beskrives

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Simularing

Struktur

Preissmann

Implementering

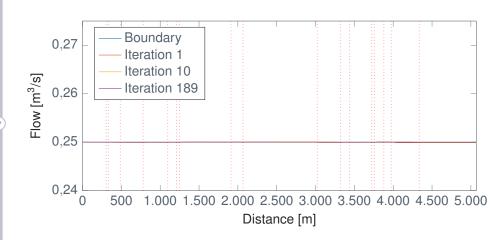
....

Kontrol

Lineariseri

Resulta

Dickussion/Konklusio





Group 1030

Introduktio

Kloakker og

Problem formulering

System beskrivels

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementering

28

implomentering

1.01101

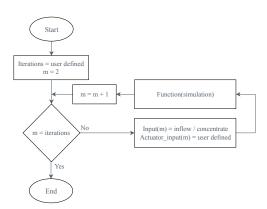
Linearisering

IVIFO

nesultat

Diskussion/Konklusion

► Itererer igennem rør og tank for hvert tidsskridt





Group 1030

ntroduktio

rensningsanlæg

Problem formuleri

System beskrivels

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Simulering

Projeemann

Implementering

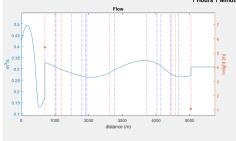
Kontrol

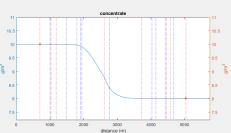
Lineariseri

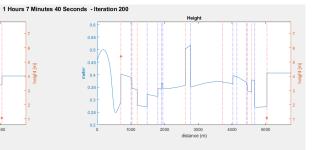
Resultat

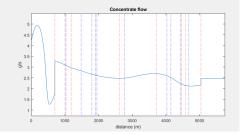
Diskussion/Konklusion

29











Group 1030

ntroduktio

rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivel

Løsninger og

.....

Modellerin

....

- ·

Preissmann

Implementer

Kontro

Linearisering

Linearisering

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

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formuleri

System beskrive

Løsninger og

....

Modellering

Droinomone

FIEISSIIIdIIII

Implementer

...

Kontro

Linearisering

Resulta

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

stroduktion

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

System beskrivels

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Simulering

- ·

Preissmann

Implementer

Kontrol

Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

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

 $-a_0$

 \overline{dQ}

 B_d



Group 1030

Introduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formuler

System beskrivel

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Simulerir

- ·

1 1010011101111

Implementeri

Kontrol

Linearisering

WPG

Resultat

Diskussion/Konklusion

► e - Forøgelse af højde i tank(inflow)

- ► f Reducering af højde i tank(Outflow)
- ► g Inflow i efterfølgende rør

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



Group 1030

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Simulerin

Struktur

1 1010011101111

Kontrol

Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► 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



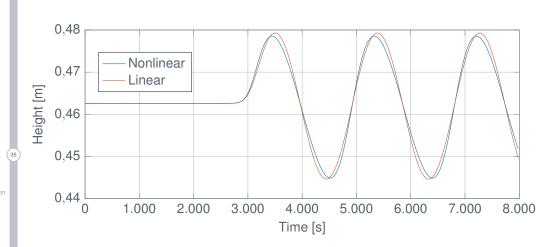


Group 1030

Modellering

Kontrol Linearisering

Resultat



47



Group 1030

System beskrivelse

Modellering

MPC

▶ Cost function

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



Group 1030

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

System beskrivel

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Simularia

Simulem

Draicemann

1 1010011101111

implemente

KOHITOI

Lineariseri MPC

....

Resultat

Diskussion/Konklusio

► Bestemmelse af Prediction horizon

- ► Flow profiler
- ▶ Industri
- ► Begrænsning af Prediction horizon
- ► System setup
- ▶ Forstyrrelses input

Fields	type type	component	 sections
1	'Pipe'	1	5
2	'Tank'	1	1
3	'Pipe'	1	5
4	'Total'	3	11





Group 1030

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninger

bogiconoming

Modellering

Simulering

Struktur

. . .

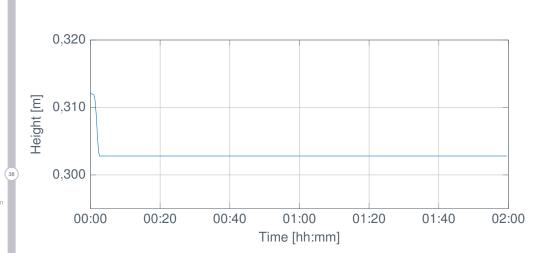
impiementen

Kontrol

Linearisering MPC

Resultat

Diskussion/Konklusio







Group 1030

and the second

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

Løsninger og

begrænsninge

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementer

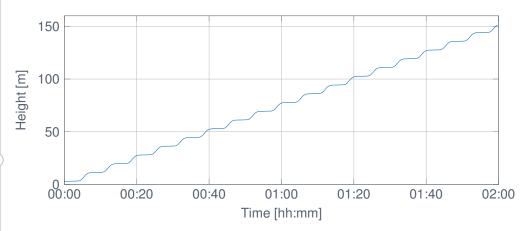
Kontrol

Linearicarina

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion





Group 1030

ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

System beskrivelse

Løsninger og

Løsninger og

Modellering

Simulerin

Struktur

Preissmann

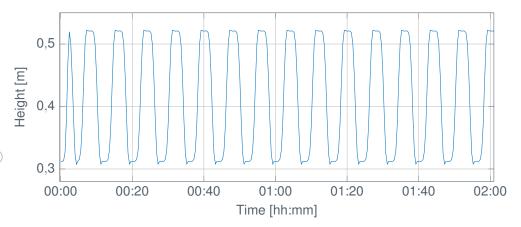
Implementeri

Kontrol

Lineariserin

MPC Resultat

Dickussion/Konklusio



Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark

47



Group 1030

ntroduktio

rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

Dogradianing

Modellering

1410000110111

Simulering

Struktui

Preissmann

Implementerin

Kontro

Linearisering

Resultat

Diskussion/Konklusio

 System setup, efterligning af Fredericia

► Flow profiler

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



Group 1030

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninge

Modellering

Cimularina

Struktur

Preissmann

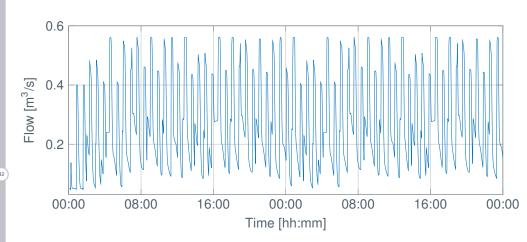
Implementeri

Kontrol

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion





Group 1030

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

System beskrivelse

Løsninger og

Løsninger og

Modellering

Simulering

Oli tikitui

Preissmann

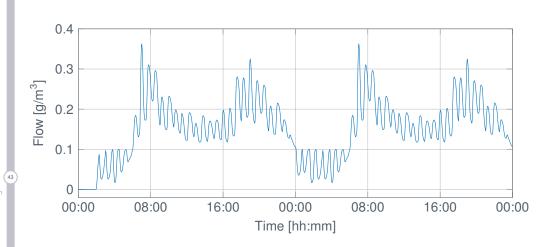
Implementer

Kontrol

Lineariserir

Resultat

Diskussion/Konklusion





Group 1030

ntroduktio

rensningsanlæg

Problem formulerin

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsning

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Preissmann

Implementeri

Kontrol

Linearisering

Resultat

esuitat

► Over dimensioneret tank

► Konstant output af tank



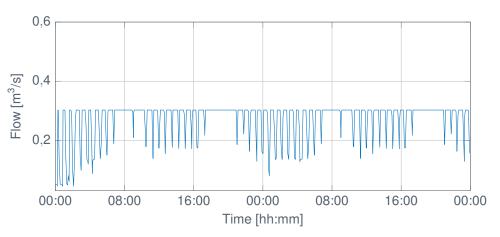
Group 1030

System beskrivelse

Modellering

Kontrol

Resultat





Group 1030

System beskrivelse

Modellering

Resultat

Diskussion/Konklusion 46

► Courant's tal

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



Group 1030

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninge

Modellering

Cimularia

Struktur

Preissmann

Preissmann

Implementerin

Kontrol

Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion 47

► Simulering

► MPC