

Anders Breinholt

” Usikkerheder i afløbsmodellering
og konsekvensen ved modellering
og simulation”

Ph.d. title:

Uncertainty in simulation, prediction and control of integrated urban wastewater systems

Supervisor:

Peter Steen Mikkelsen (ENV)

Co-supervisors:

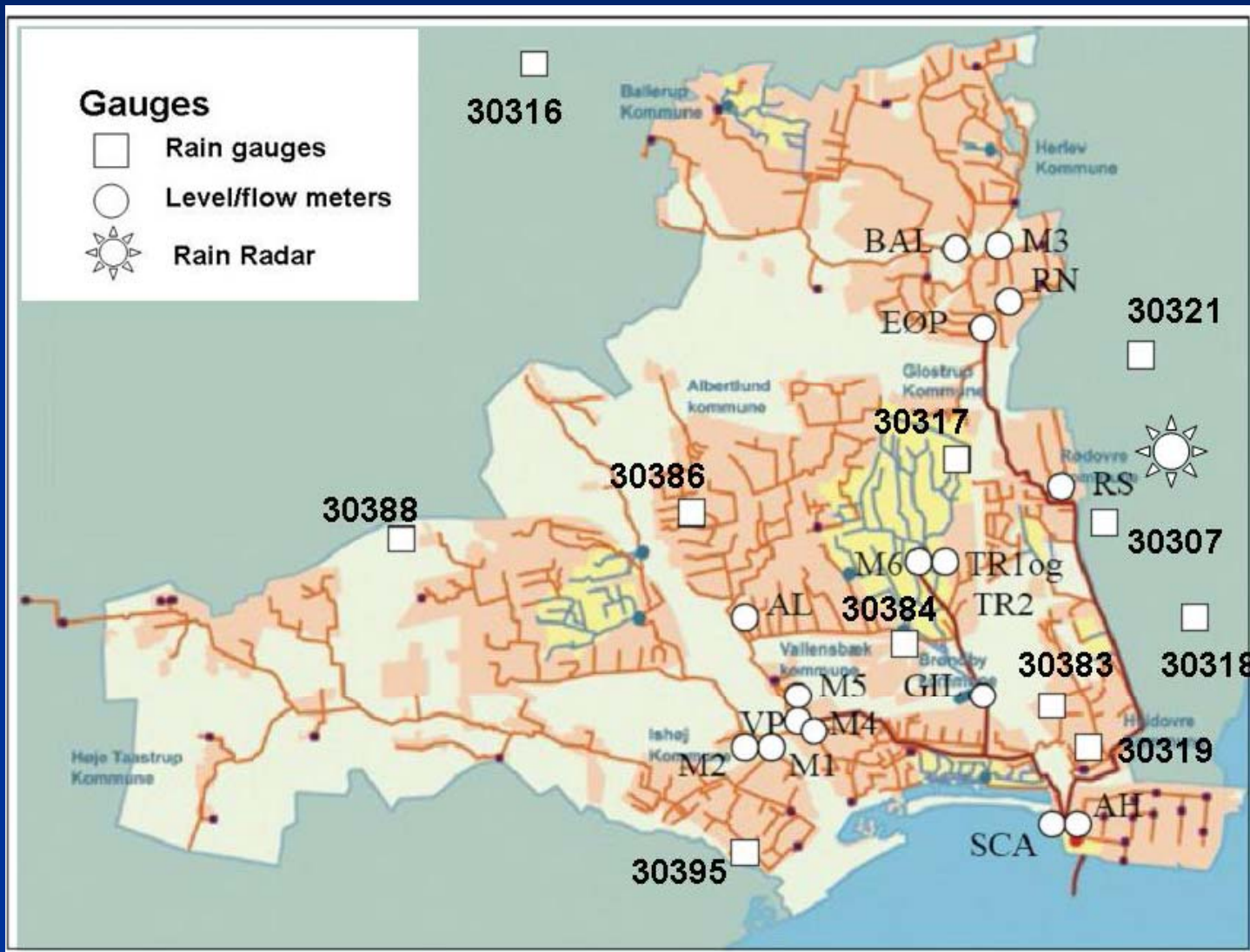
Henrik Madsen (INF)

Morten Grum (Krüger)

GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation) (Beven & Binley, 1992¹):

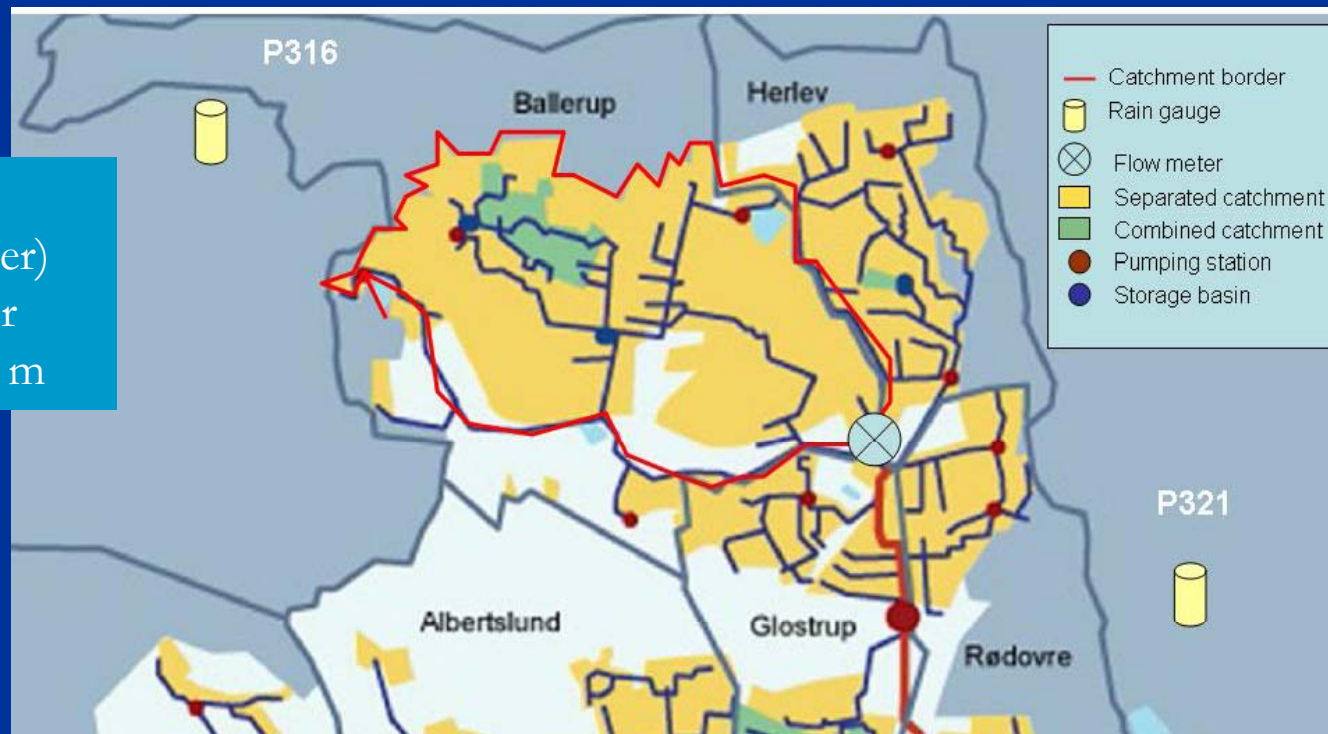
- “Equifinality thesis”: Der findes ikke ét optimalt parameter sæt , men derimod mange som kan være lige gode.
- Valg af model og realistiske parameter værdier
- Fjern dårlige data: input og observationer
- Tilfældig udtrækning af parametre
- En metode til at rangordne parametersæt
- Udledning af “gode” parametersæt (typisk 90% prædiktionsbånd)

1) Beven, Keith and Binley, Andrew. Future of distributed models: Model calibration and uncertainty prediction. Hydrological Processes 6[3], 279-298. 1992.



Ballerup catchment	Total area [ha]	Reduced area [ha]	Reduced area [%]
Combined	87	29.8	34.25
Separate	1324	9.4	0.71
Total	1411	39.2	2.78

Semimobil
(ultrasonic Doppler)
afstrømningsmåler
installeret i d=1.4 m

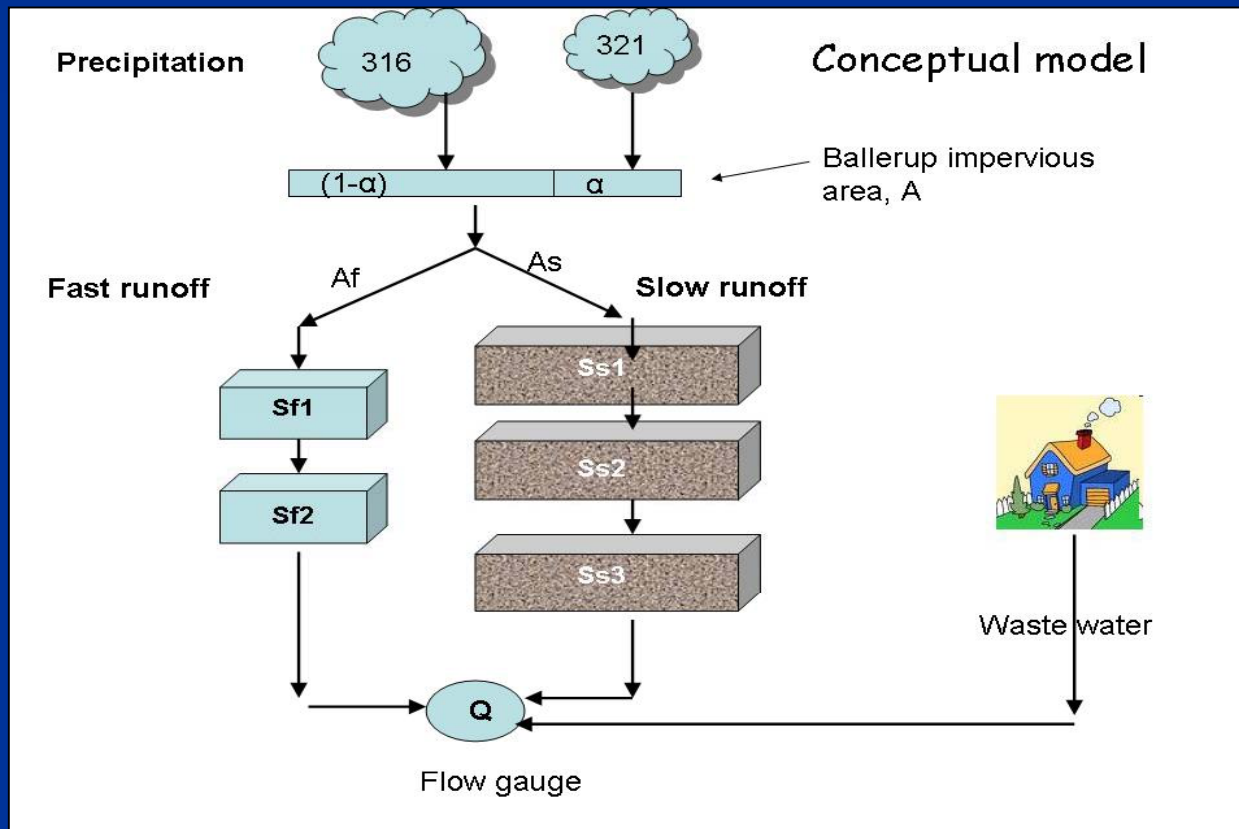


GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation) (Beven & Binley, 1992¹):

- “Equifinality thesis”: Der findes ikke ét optimalt parameter sæt , men derimod mange som kan være lige gode.
- Valg af model og realistiske parameter værdier
- Fjern dårlige data: input og observationer
- Tilfældig udtrækning af parametre
- En metode til at rangordne parametersæt
- Udledning af “gode” parametersæt (typisk 90% prædiktionsbånd)

1) Beven, Keith and Binley, Andrew. Future of distributed models: Model calibration and uncertainty prediction. Hydrological Processes 6[3], 279-298. 1992.

Modelkoncept:



Parametre i modellen

Regnafstrømning:

- A_f : Befæstet areal tilsluttet afløbssystemet:
- A_s : Infiltrationsareal: uvedkommende vand
- K_f : Gennemsnitlige opholdstid for regnafstrømning fra befæstede overflader
- K_s : Gennemsnitlig opholdstid for langsomt infiltrerende vand
- α : Fordelingskoefficient ml. 2 regnmålere

Parametre i modellen

Spildevand:

- a_0 : average waste water flow
- s_1, s_2, c_1, c_2 : døgnvariation

Valg af realistiske parameterverdier?

Regnafstrømning:

A_f : [10;70] ha

A_s : [0; 120] ha

K_f : [0.5;6] hours

K_s : [8;72] hours

α : [0;1]

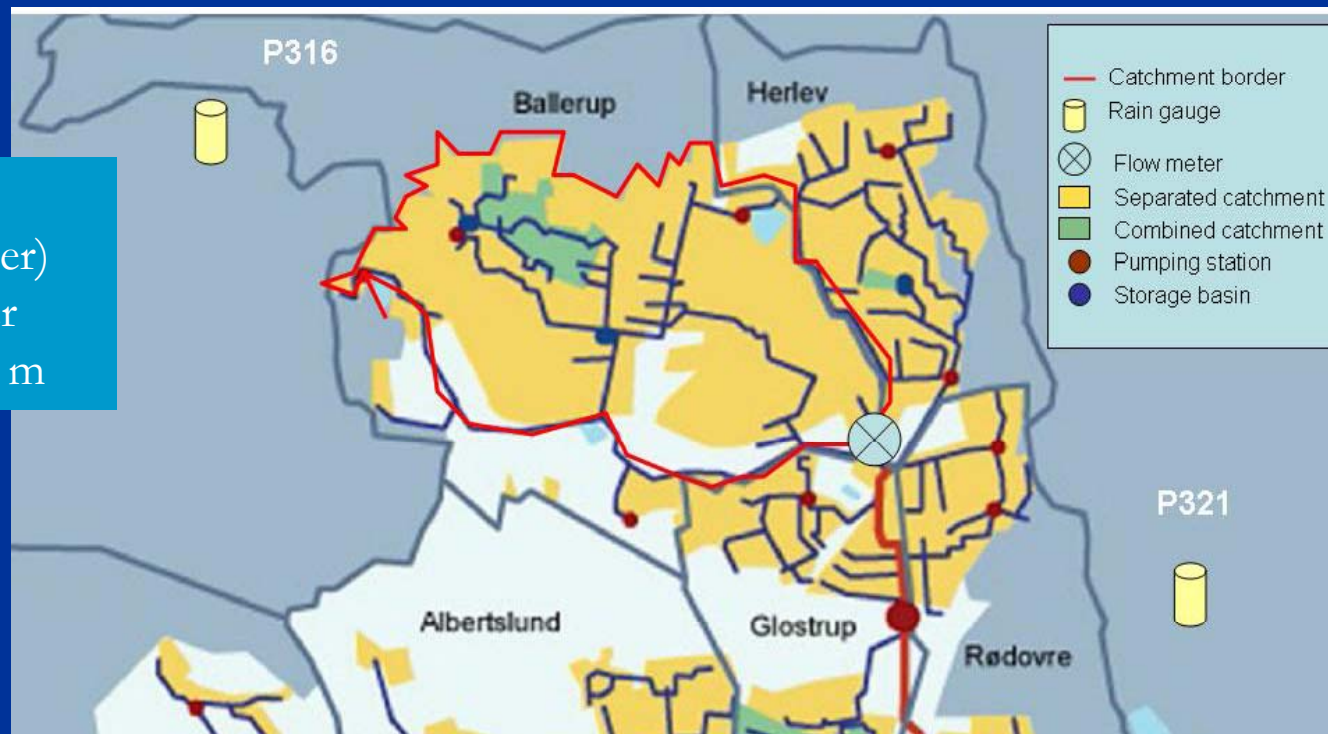
Spildevand:

a_0 : [50;100] 1/s

s_1, s_2, c_1, c_2 : [-0.1;0.1]

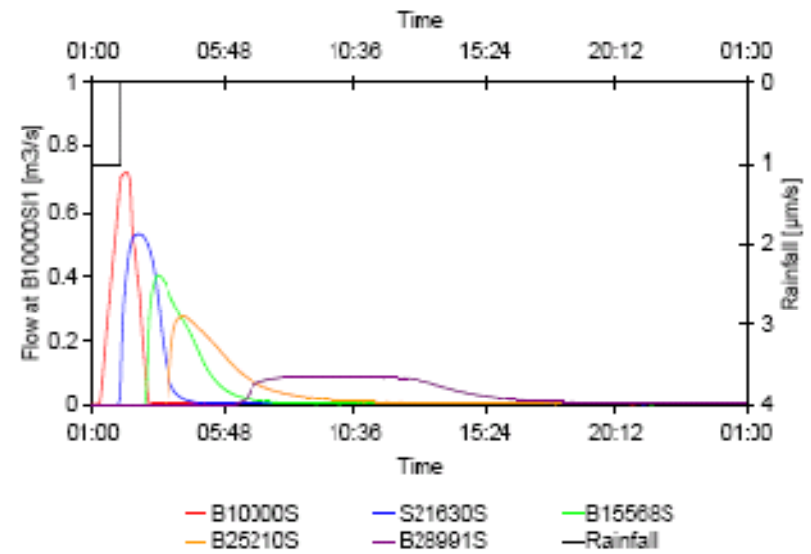
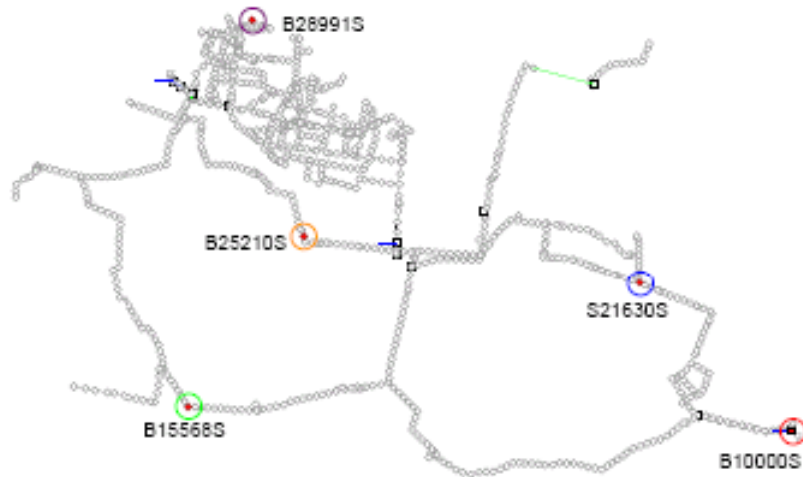
Ballerup catchment	Total area [ha]	Reduced area [ha]	Reduced area [%]
Combined	87	29.8	34.25
Separate	1324	9.4	0.71
Total	1411	39.2	2.78

Semimobil
(ultrasonic Doppler)
afstrømningsmåler
installeret i d=1.4 m



EVA MØDE 4.feb. 2010

KRÜGER



GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation) (Beven & Binley, 1992¹):

- “Equifinality thesis”: Der findes ikke ét optimalt parameter sæt , men derimod mange som kan være lige gode.
- Valg af model og realistiske parameter værdier ✓
- Fjern dårlige data: input og observationer ✓
- Tilfældig udtrækning af parametre ✓
- En metode til at rangordne parametersæt
- Udledning af “gode” parametersæt (typisk 90% prædiktionsbånd)

1) Beven, Keith and Binley, Andrew. Future of distributed models: Model calibration and uncertainty prediction. Hydrological Processes 6[3], 279-298. 1992.

En metode til at rangordne parametersæt

Likelihood measure : Nash-Sutcliffe efficiency index ,også kaldet R^2

$$E = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - \bar{Q}_o)^2}$$

Q_o^t : Observed discharge at time t

Q_m^t : Modelled discharge at time t

\bar{Q}_o : Average observed discharge

T : Total observation period

GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation) (Beven & Binley, 1992¹):

- “Equifinality thesis”: Der findes ikke ét optimalt parameter sæt , men derimod mange som kan være lige gode.
- Valg af model og realistiske parameter værdier ✓
- Fjern dårlige data: input og observationer ✓
- Tilfældig udtrækning af parametre ✓
- En metode til at rangordne parametersæt ✓
- Udledning af “gode” parametersæt (typisk 90% prædiktionsbånd)

1) Beven, Keith and Binley, Andrew. Future of distributed models: Model calibration and uncertainty prediction. Hydrological Processes 6[3], 279-298. 1992.

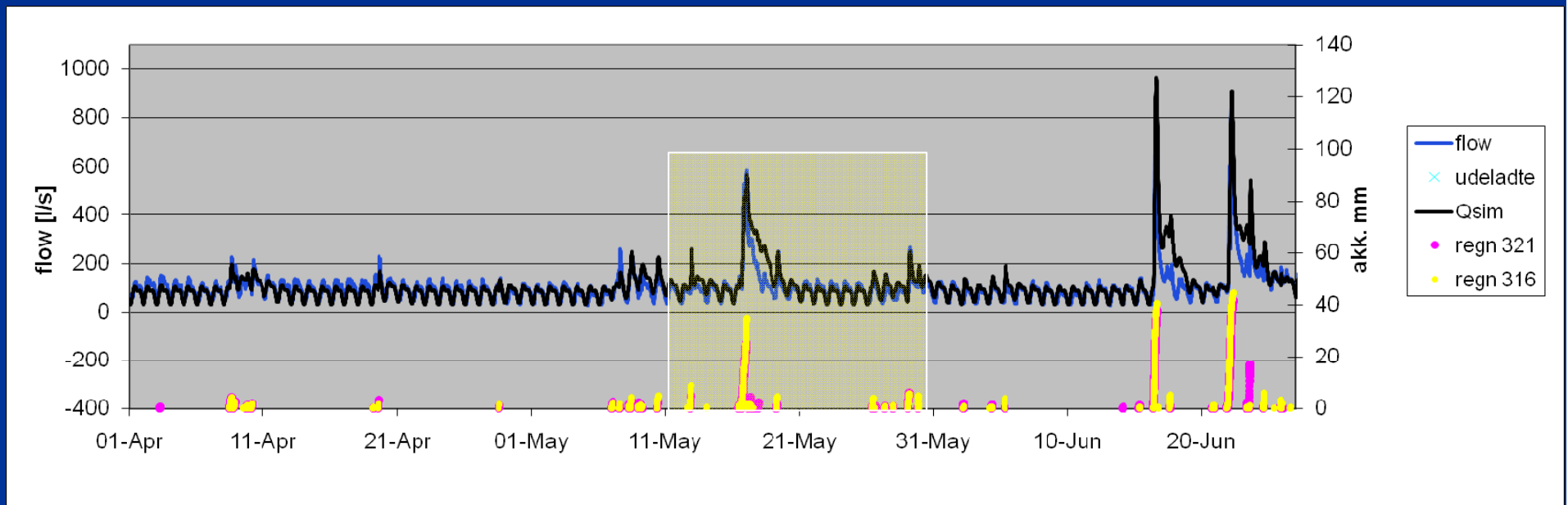
Kalibreringsperiode: 01.04.07-01.10.07

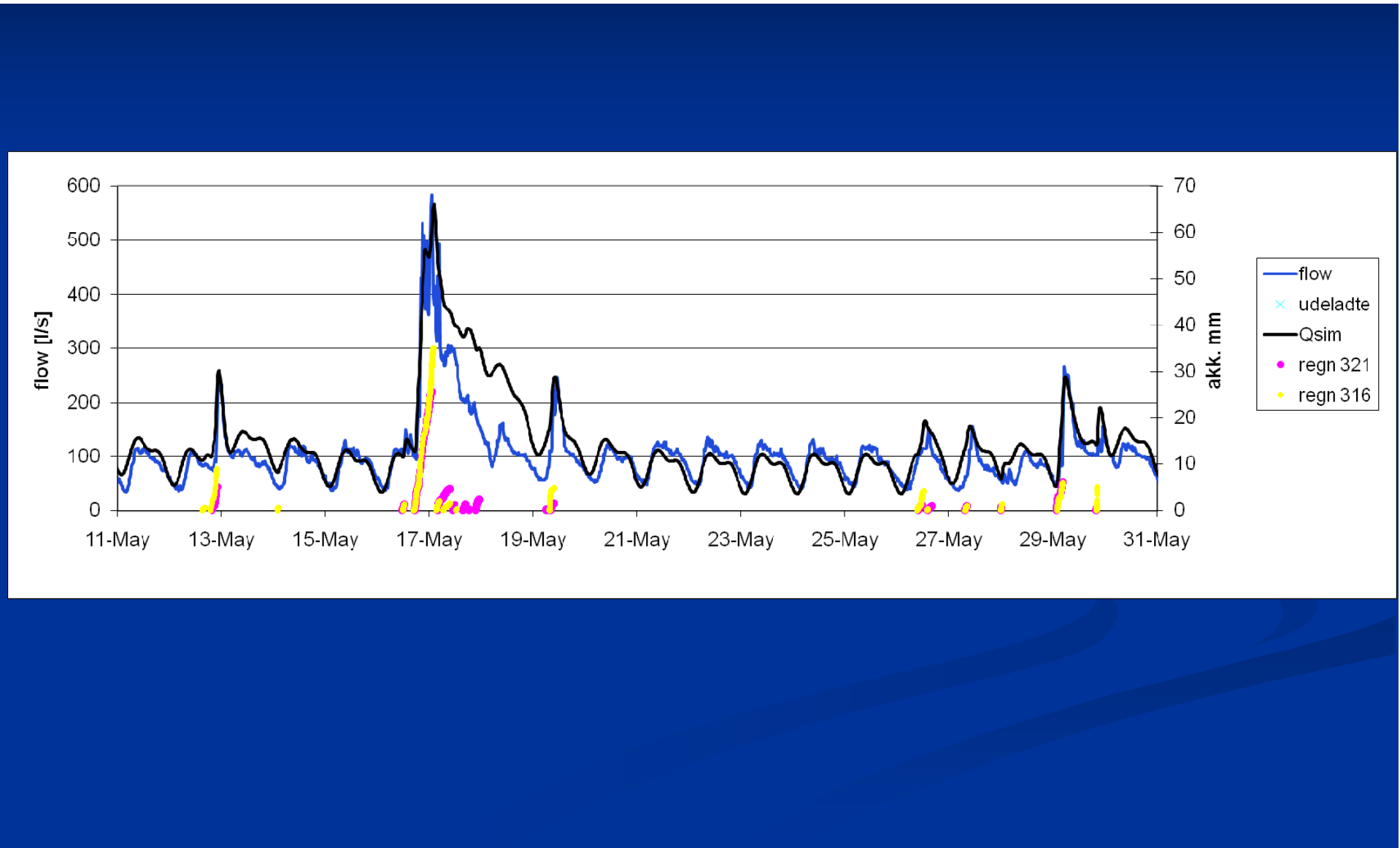
Af [ha]	Kf [h]	Ks [h]	alfa	As [h]	a0 [l/s]	L
50.0	3.52	29.49	0.49	81.6	74.1	0.751
43.5	2.84	26.67	0.40	72.9	74.0	0.747
54.9	5.10	36.38	0.51	67.9	77.1	0.741
48.9	3.54	34.28	0.48	85.8	73.3	0.740
45.5	3.96	30.15	0.44	73.7	77.2	0.740
50.8	2.98	24.37	0.59	60.0	88.2	0.739
36.4	2.94	22.74	0.38	67.2	89.3	0.739
45.3	3.46	31.22	0.52	76.3	74.9	0.738
41.2	2.65	21.04	0.48	79.5	72.1	0.737
49.4	4.51	35.93	0.21	80.5	66.0	0.735
49.7	3.10	30.85	0.27	70.5	80.0	0.735

← bedste

200.000 tilfældige
parametre udtrukket

Kalibreringsperiode: 01.04.07-01.10.07

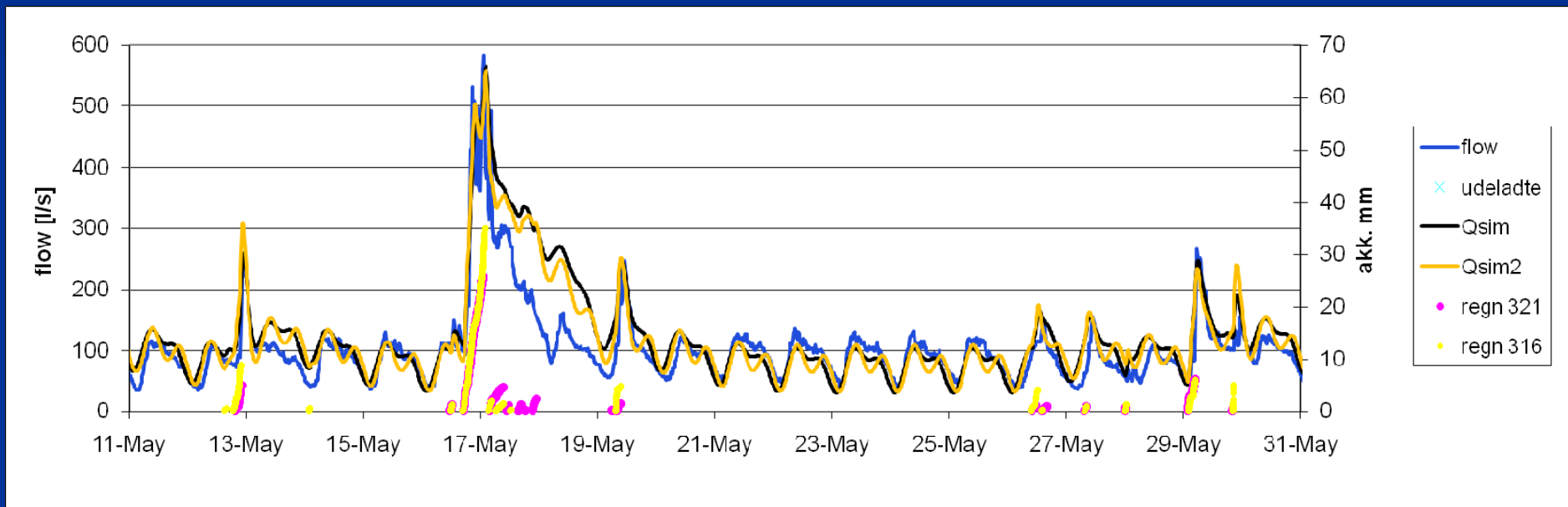




Kalibreringsperiode: 01.04.07-01.10.07

Af [ha]	Kf [h]	Ks [h]	alfa	As [h]	a0 [l/s]	L
50.0	3.52	29.49	0.49	81.6	74.1	0.751
43.5	2.84	26.67	0.40	72.9	74.0	0.747
54.9	5.10	36.38	0.51	67.9	77.1	0.741
48.9	3.54	34.28	0.48	85.8	73.3	0.740
45.5	3.96	30.15	0.44	73.7	77.2	0.740
50.8	2.98	24.37	0.59	60.0	88.2	0.739
36.4	2.94	22.74	0.38	67.2	89.3	0.739
45.3	3.46	31.22	0.52	76.3	74.9	0.738
41.2	2.65	21.04	0.48	79.5	72.1	0.737
49.4	4.51	35.93	0.21	80.5	66.0	0.735
49.7	3.10	30.85	0.27	70.5	80.0	0.735

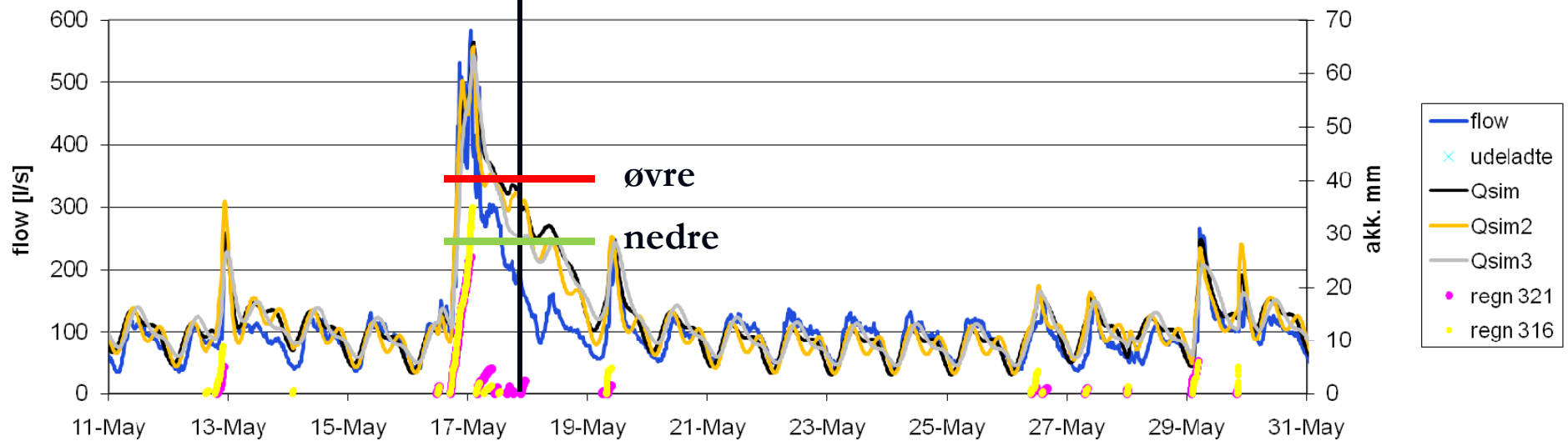




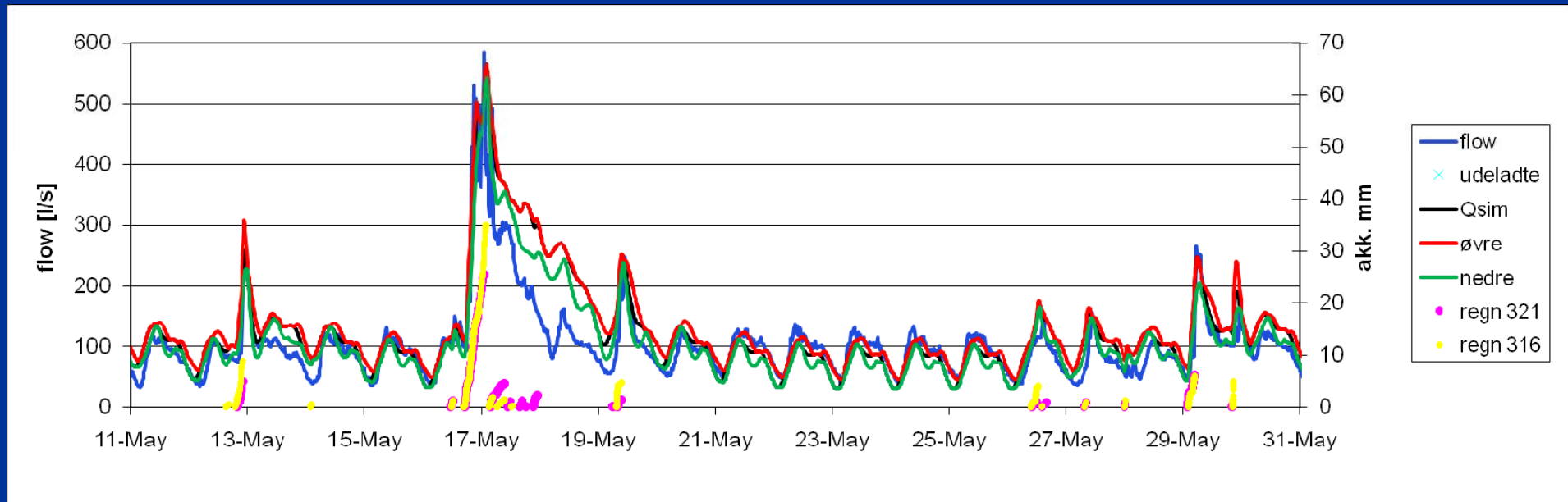
Kalibreringsperiode: 01.04.07-01.10.07

Af [ha]	Kf [h]	Ks [h]	alfa	As [h]	a0 [l/s]	L
50.0	3.52	29.49	0.49	81.6	74.1	0.751
43.5	2.84	26.67	0.40	72.9	74.0	0.747
54.9	5.10	36.38	0.51	67.9	77.1	0.741
48.9	3.54	34.28	0.48	85.8	73.3	0.740
45.5	3.96	30.15	0.44	73.7	77.2	0.740
50.8	2.98	24.37	0.59	60.0	88.2	0.739
36.4	2.94	22.74	0.38	67.2	89.3	0.739
45.3	3.46	31.22	0.52	76.3	74.9	0.738
41.2	2.65	21.04	0.48	79.5	72.1	0.737
49.4	4.51	35.93	0.21	80.5	66.0	0.735
49.7	3.10	30.85	0.27	70.5	80.0	0.735
51.8	2.62	22.82	0.42	82.6	66.4	0.734





36% af observationerne dækket for hele kalibreringsperioden



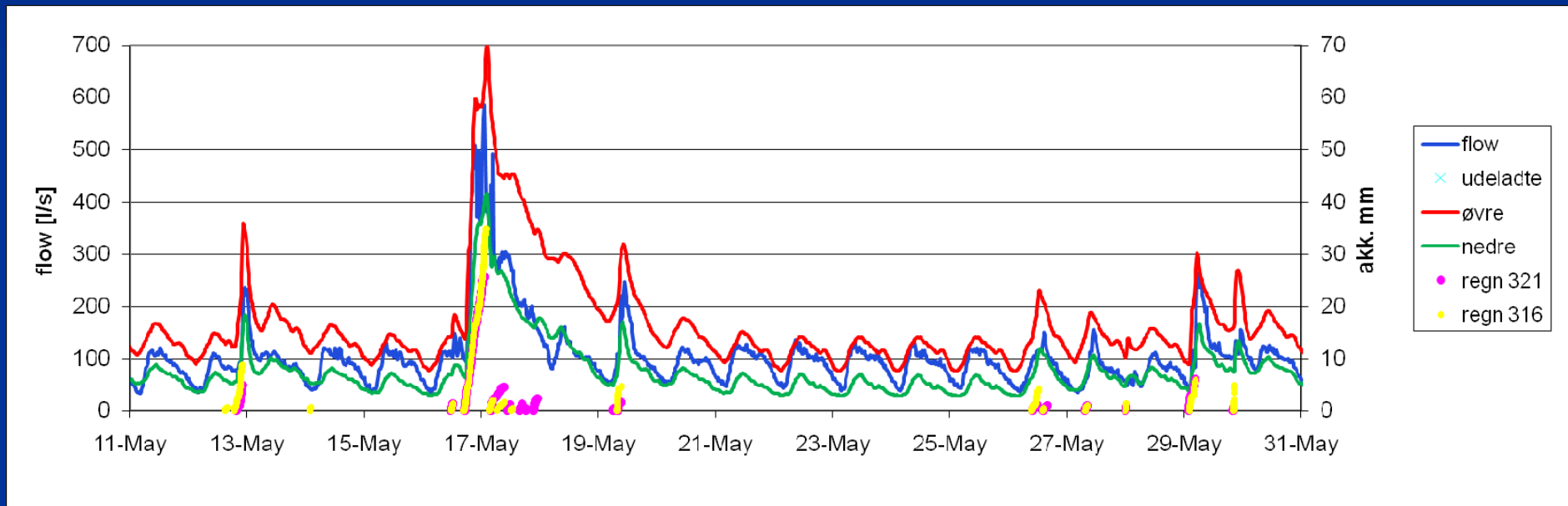
Kalibreringsperiode: 01.04.07-01.10.07

Af [ha]	Kf [h]	Ks [h]	alfa	As [h]	a0 [l/s]	L
50.0	3.52	29.49	0.49	81.6	74.1	0.751
43.5	2.84	26.67	0.40	72.9	74.0	0.747
54.9	5.10	36.38	0.51	67.9	77.1	0.741
48.9	3.54	34.28	0.48	85.8	73.3	0.740
45.5	3.96	30.15	0.44	73.7	77.2	0.740
50.8	2.98	24.37	0.59	60.0	88.2	0.739
36.4	2.94	22.74	0.38	67.2	89.3	0.739
45.3	3.46	31.22	0.52	76.3	74.9	0.738
41.2	2.65	21.04	0.48	79.5	72.1	0.737
49.4	4.51	35.93	0.21	80.5	66.0	0.735
49.7	3.10	30.85	0.27	70.5	80.0	0.735
51.8	3.63	33.88	0.48	88.6	66.4	0.734

242 parametersæt var
nødvendige før 90% af
observationerne kunne
dækkes

Fjerner overflødige
parametersæt og finder
179 nødvendige i alt

90 % af måledata dækket for hele kalibreringsperioden



Valg af realistiske parameterverdier?

Regnafstrømning

prior:

A_f : [10;70] ha

A_s : [0; 120] ha

K_f : [0.5;6] hours

K_s : [8;72] hours

α : [0;1]

Regnafstrømning

posterior:

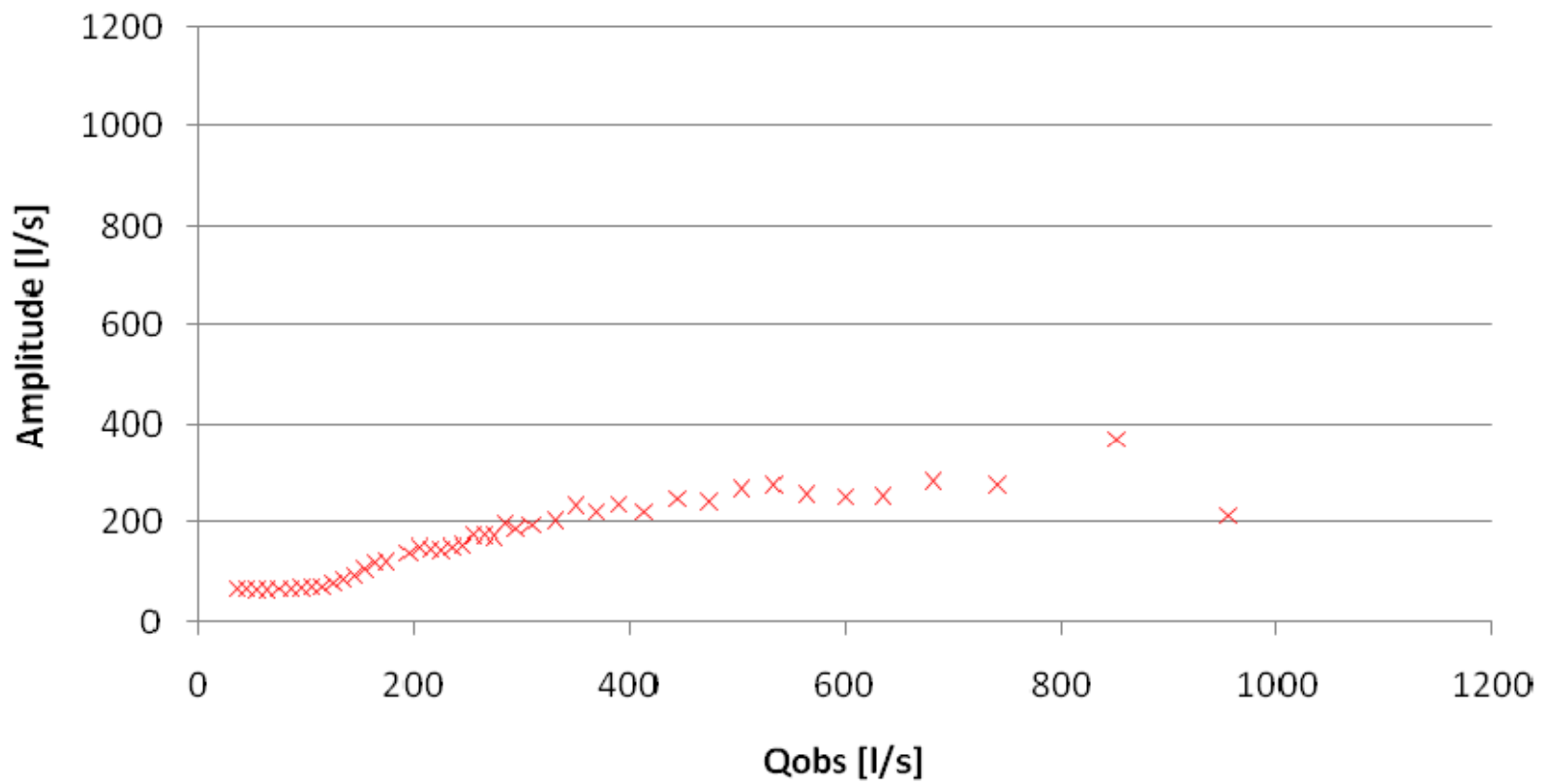
A_f : [32;66] ha

A_s : [42; 97] ha

K_f : [1.75;6] hours

K_s : [18;69] hours

α : [0.13;0.85]



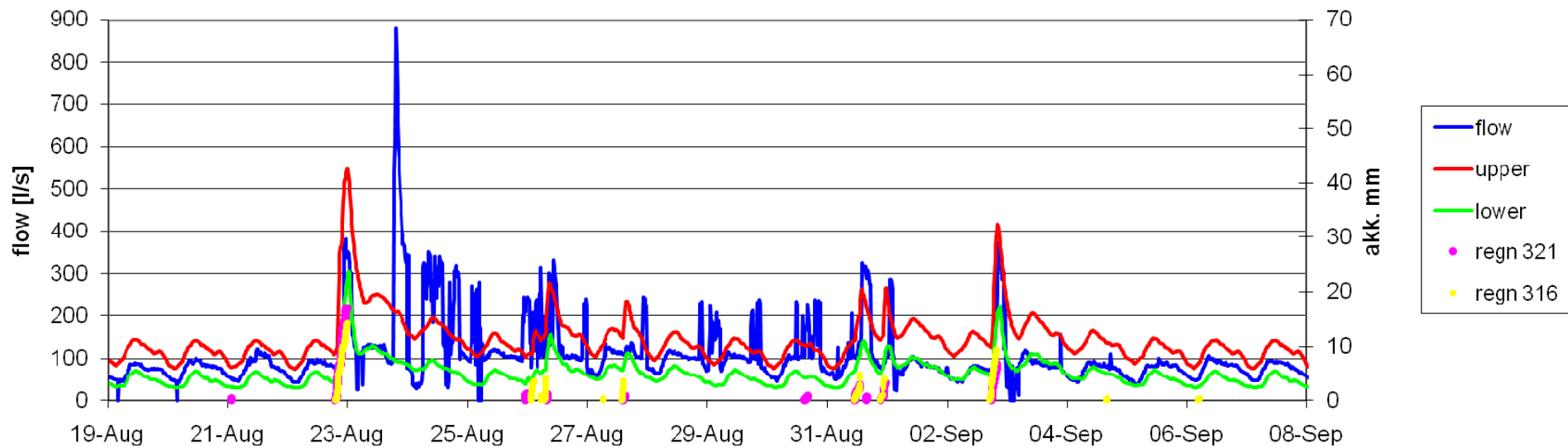
Valideringsperiode:

01.04.08-01.10.08 & 01.04.09-01.10.09

- 90.1 % af observationsdata blev omsluttet i 2008
- 85.5 % af observationsdata blev omsluttet i 2009

Hvad kan prædiktionsbåndene bruges til?

- Kontrol af måler



Hvad kan prædiktionsbåndene bruges til?

- Usikkerhed på prædiktion af flow, opstuvning eller niveau i bassin når der ikke er målere til rådighed
- Hvis en måler står af kan simulationsusikkerheden bruges istedet til styringsformål
- Usikkerhed på delbidrag af en årsafstrømning:
 - Spildevand
 - Direkte afstrømning
 - Infiltration/uvedkommende vand