

# KLIMAFREMSKRIVNING AF HISTORISKE REGNSERIER

SØREN THORND AHL  
INSTITUT FOR BYGGERI OG ANLÆG  
AALBORG UNIVERSITET

Dansk Vand Konference 2016



Århus  
8-9 November 2016

## Baggrund

### Spildevandskomiteens Skrift 27 (2005): Funktionspraksis for afløbssystemer under regn



- Beregningsniveau 1: Den rationelle metode.  
Dimensioneringsmetode for mindre afløbssystemer.
- Beregningsniveau 2: Dynamisk model kombineret med CDS-regn. Analyse af forholdsvis ukomplicerede afløbssystemer.
- Beregningsniveau 3: Dynamisk model kombineret med historiske regn.  
Analyse af komplicerede afløbssystemer



## Baggrund

### Spildevandskomiteens Skrift 30 (2014): Opdaterede klimafaktorer og dimensionsgivende regnintensiteter



- Klimafaktorer kan ganges på den dimensionsgivende regnintensitet for at finde den dimensionsgivende regnintensitet i et givent klimascenarie fx i år 2100.
- Dette gælder kun for beregningsniveau 1 og 2, jf. Skrift 27
- Hvad skal vi så gøre med beregningsniveau 3?

Tabell 1. Anslåede klimafaktorer for hver af nedfaldsperioderne i 2100 baseret på de givne scenarier.

	200 års nedbør	
	Standard	10q
2 års nedbør	0,7	1,05
10 års nedbør	1,3	1,7
100 års nedbør	1,8	2

Søren Thorndahl  
Dansk Vand Konference 2016



3

## Hvad er problemet så?

- I analyse og dimensionering af komplekse afløbssystemer fx med pumper, overløb, bassiner, spjæld, styring, tilbagesugning, terrænoversvømmelse, er forudsætningerne for anvendelse af statistiske regn ikke opfyldt.
- Gentagelsesperioden for en given regnintensitet er ikke nødvendigvis den samme som for afløbssystemets respons.
- CDS-regn er derfor uanvendelig til analyse af komplekse systemer
- Man kan ikke bare gange en klimafaktor på en historisk regnserie.



Søren Thorndahl  
Dansk Vand Konference 2016



4

## Motivation

Der er et stort behov for at kunne anvende lange kontinuerte **klimafremskrevne** regnserier til:

- Dimensionering af ledningsanlæg
- Kapacitetsanalyse af regnvandssystemer
- Bestemmelse af gentagelsesperioder for opstuvning til kritiske koter
- Klimatilpasningsløsninger
- Oversvømmelsessimuleringer
- Afvandingsløsninger på terræn
- Dimensionering af LAR-løsninger
- Bestemmelse af overløbsvolumener fra fælleskloakerede afløbssystemer
- ....

## Idé

- Kan man generere kunstige regnserier med udgangspunkt i historiske målte serier som har samme statistiske karakteristika?



- Kan man klimafremskrive de kunstige regnserier så de statistisk kommer til at repræsentere et fremtidigt klimascenarie?

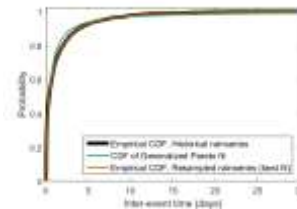
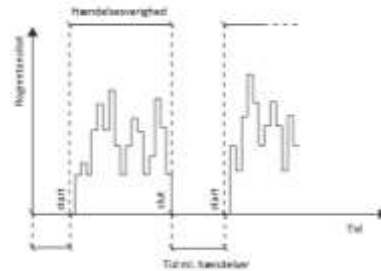


- Kan man bruge DMIs forudsigelser af forskellige klimavariabeler som målparametre for herved at repræsentere både ekstremer og års- og årstidsnedbør?



## Sammensætning af regnserier

- Der trækkes en tilfældig tid mellem regnhændelser ud fra en Pareto-fordelingsfunktion for hver årstid.
- En tilfældig regnhændelse trækkes ud fra en pulje af årstidsopdelte regnhændelser baseret på den historiske referenceregnsérie.
- Processen gentages for alle årstider og fortsættes indtil den ønskede længde på serien er opnået.



Søren Thorndahl  
Dansk Vand Konference 2016

## Klimafremskrivning af regenererede historiske regnserier

- Genererede kunstige regnserier opdeles i forskellige intensitetsintervaller der hver især multipliceres med en klimafaktor.
- Ideen er, stokastisk, at generere et stort antal tilfældige sammensatte serier med tilfældige parameterverdier og efterfølgende evaluere dem statistisk.
- Herefter udvælges de realiserede regnserier som passer bedst på statistik og målparametre.

Søren Thorndahl  
Dansk Vand Konference 2016

## Evaluerings- og optimeringsprocedure

- Der beregnes et samlet performancemål ud fra en vægtning af målparametre

Målparameter	Klimafaktor
Årsnedbør	1,14 (DMI 2014)
Årstidsnedbør, vinter	1,25 (DMI 2014)
Årstidsnedbør, forår	1,13 (DMI 2014)
Årstidsnedbør, sommer	1,05 (DMI 2014)
Årstidsnedbør, efterår	1,13 (DMI 2014)
Nedbørshændelser > 10 mm pr dag	1,37 (DMI 2014)
Nedbørshændelser > 20 mm pr dag	2,50 (DMI 2014)
Årets største døgnsum	1,16 (DMI 2014)
Regnintensitet for 60 min, T=2 år	1,20 (SVK 2014)
Regnintensitet for 60 min, T=10 år	1,30 (SVK 2014)

Baseret på klimascenarie A1B

$$P_j = W_{spwi} \cdot P_{spwi,j} + W_{spsp} \cdot P_{spsp,j} + W_{spsu} \cdot P_{spsu,j} + W_{spau} \cdot P_{spau,j} + W_{n10mm} \cdot P_{n10mm,j} + W_{n20mm} \cdot P_{n20mm,j} + W_{mdp} \cdot P_{mdp,j} + W_{d60T2} \cdot P_{d60T2,j} + W_{d60T10} \cdot P_{d60T10,j}$$

Søren Thorndahl  
Dansk Vand Conference 2016

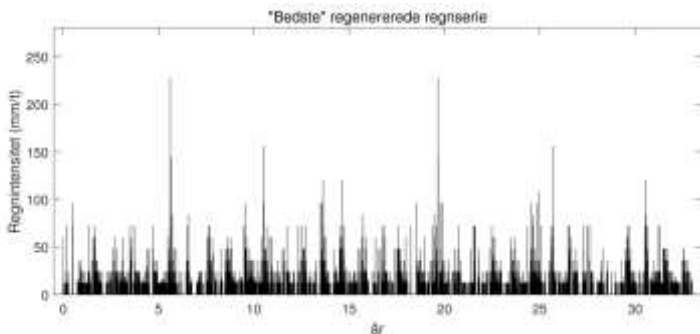
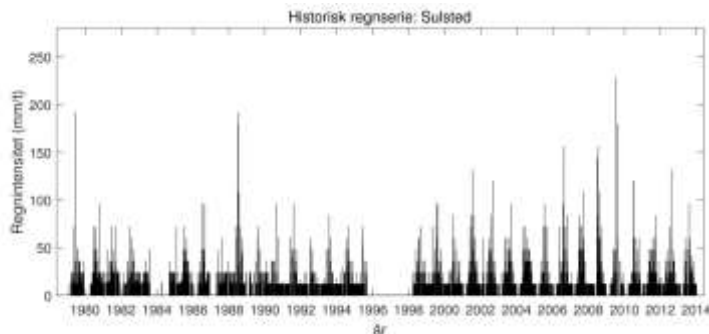


9

## Eksempel på regenereret regnserie

Sulsted, SVK-målernr.: 5047  
(1979-2014)

34 helår

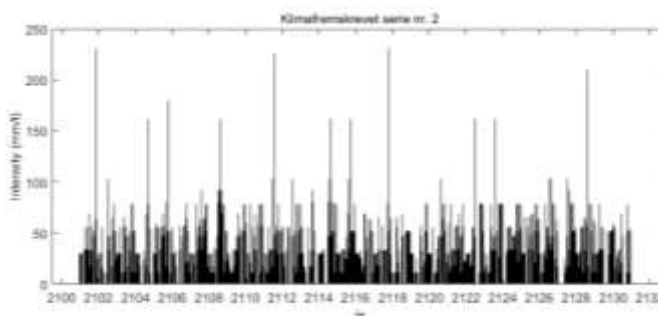
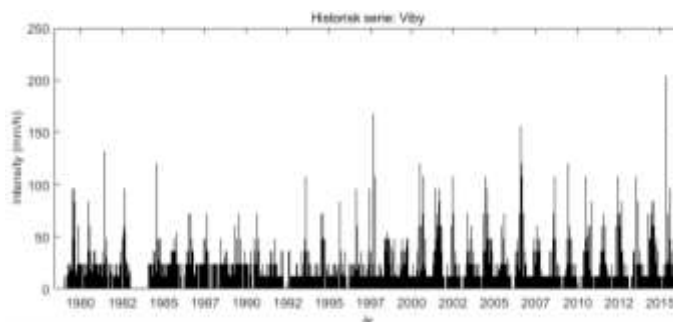


Søren Thorndahl, Aske Korup Andersen og Anders Badsberg Larsen:  
*An event-based stochastic point rainfall series resampler for statistical replication and climate projection of historical rainfall series* (submitted to Journal of Hydrology)

## Eksempel på klimafremskrevet regnserie

Viby J, SVK-målernr.: 5177 (1979-2015)

34 helår

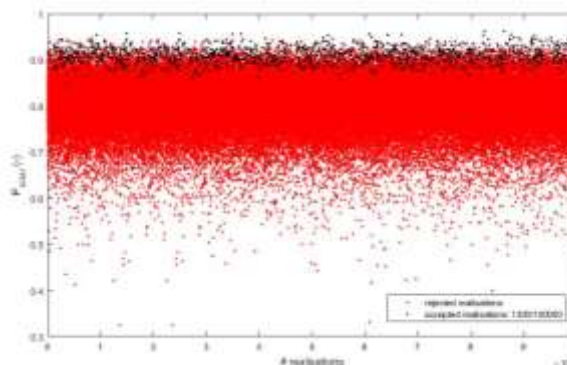


Søren Thorndahl  
Dansk Vand Conference 2016

## Samlet performancemål

### Eksempel:

- Evaluering af fremskrivning af Sulsted-regnserien
- Der genereres 100.000 tilfældige tidsserier
- Alle målparametre skal overholde en fastsat grænseværdi for at en realisation kan accepteres
- 1300 ud af 100.000 realisationer accepteres
- Bedste performance-mål:  $P_{total}=0.96$



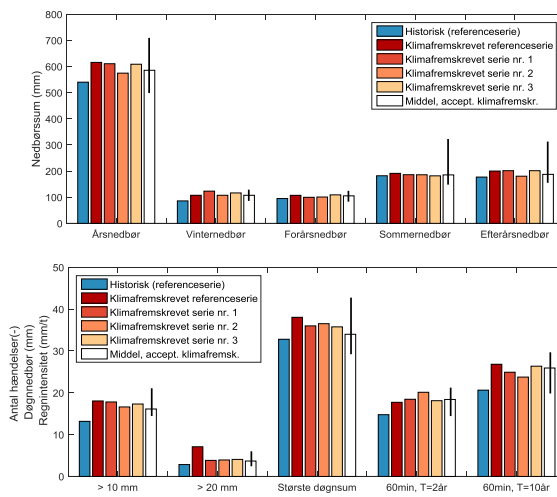
Søren Thorndahl  
Dansk Vand Conference 2016



Søren Thorndahl, Aske Korup Andersen og Anders Badsberg Larsen: An event-based stochastic point rainfall series resampler for statistical replication and climate projection of historical rainfall series (submitted to Journal of Hydrology)

## Evaluering af klimafremskrivning af Viby-regnserien

- God overensstemmelse for års og årstidsnedbør
- Tilfredsstillende repræsentation af ekstremer

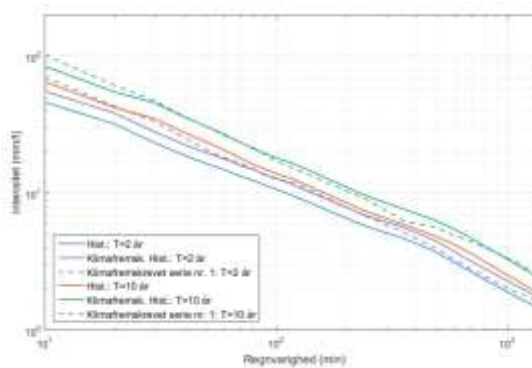


Søren Thorndahl  
Dansk Vand Conference 2016

## Evaluering af klimafremskrivning af Viby-regnserien

### IDF-kurver

- God overensstemmelse på de fleste regnvarigheder

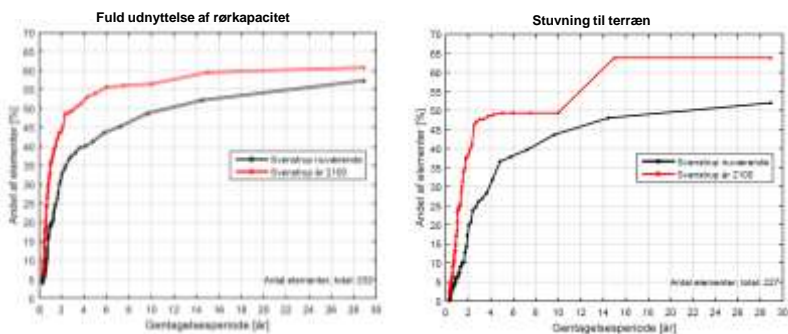


Søren Thorndahl  
Dansk Vand Conference 2016

## Anvendelse af klimafremskrevne regnserier

Lars Edvard Svendsen  
og Jacob Sondrup  
Johansen: Klimasikring  
af Kærby,  
Civilingeniørspciale,  
AAU, 2016

- Eksempel på simulering af belastning med historisk regnserie og klimafremskrevet regnserie, Kærby Aalborg



- Det der i det nuværende klima svarer til en 2-års gentagelsesperiode vil forekomme ca. hvert ½. år i år 2100.

Søren Thorndahl  
Dansk Vand Conference 2016



15

## Anvendelse af klimafremskrevne regnserier

Lars Edvard Svendsen  
og Jacob Sondrup  
Johansen: Klimasikring  
af Kærby,  
Civilingeniørspciale,  
AAU, 2016

- Eksempel på løsning, Kærby Aalborg



Nuværende situation (1979-2015), fælleskloak



Fremtidig situation (2100-2130), separatkloak

- Serviceniveau overholdes for regn fremskrevet til 2100-2130

Søren Thorndahl  
Dansk Vand Conference 2016



16



## Konklusion

- Det er muligt at generere klimafremskrevne regntidsserier der statistisk stemmer overens med fremtidige nedbørsforudsigelser.
- Metoden er generisk og vil kunne tilpasses andre klimascenarier og potentielt andre og mere specifikke forudsigelser af fremtidens nedbør.
- Metoden er fleksibel og kan tilpasses forskellige afløbstekniske anvendelser.
- Metoden kræver generering af mange tidsserier og er derfor forholdsvis beregningstung

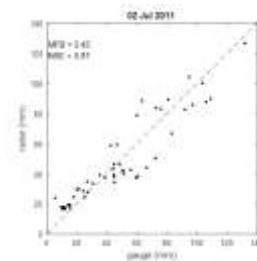
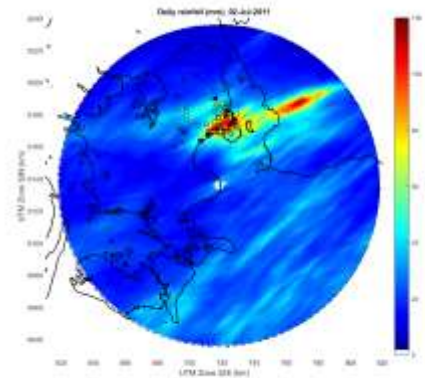
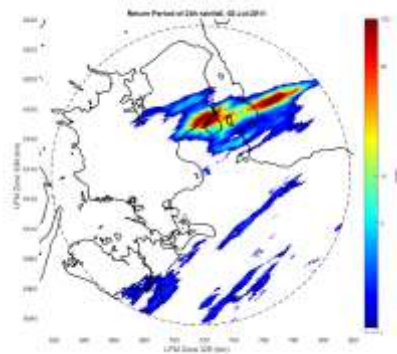


## Videre arbejde

- Samarbejde mellem AAU, Aarhus Vand, NIRAS og DMI om videreudvikling test og demonstration af metoden.
- Test af flere og evt. mere detaljerede målparametre med usikkerhedsestimater for *RCP*-scenarier udvikles i samarbejde med DMI.
- Undersøgelse af regionale forskelle mellem regneserier.
- Udvikling af metode til ekstrapolation af serier (hændelser), så fx 100 eller 200 års hændelser kan estimeres.
- Generering af sted- og tidskorreleerede regntidsserier i fremtidigt klima.

## Videre arbejde

- Regnstatsitik på radardata frem for punktmålinger
- Hvad betyder regnens stedlige variabilitet i forhold til dimensionering af afløbssystemer?



AALBORG UNIVERSITET

# KLIMAFREMSKRIVNING AF HISTORISKE REGNSERIER

SØREN THORND AHL  
INSTITUT FOR BYGGERI OG ANLÆG  
AALBORG UNIVERSITET

Dansk Vand Konference 2016

AALBORG UNIVERSITET

Århus  
8-9 November 2016