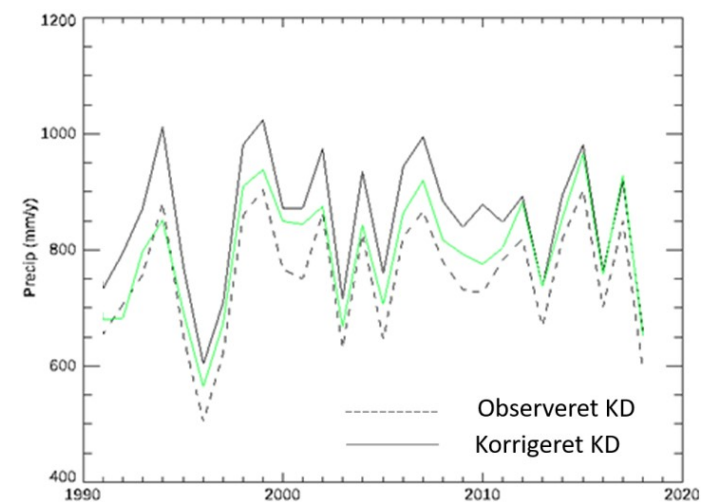
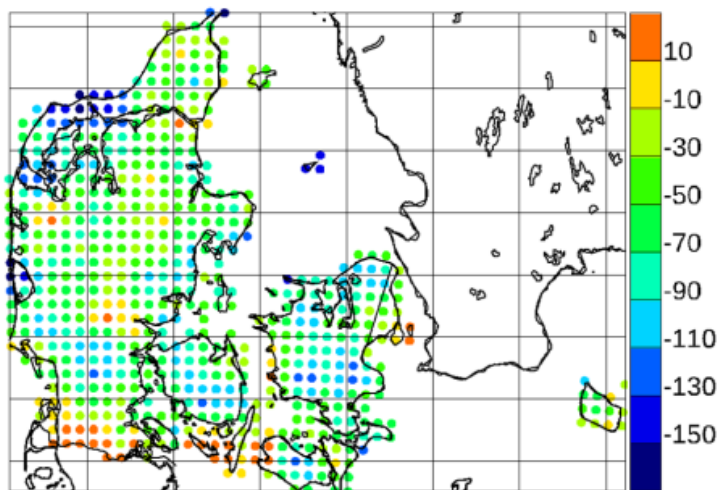


Måling af nedbør og udfordringer med kontinuitet



Hydrologidag, Odense, 5/11-2024

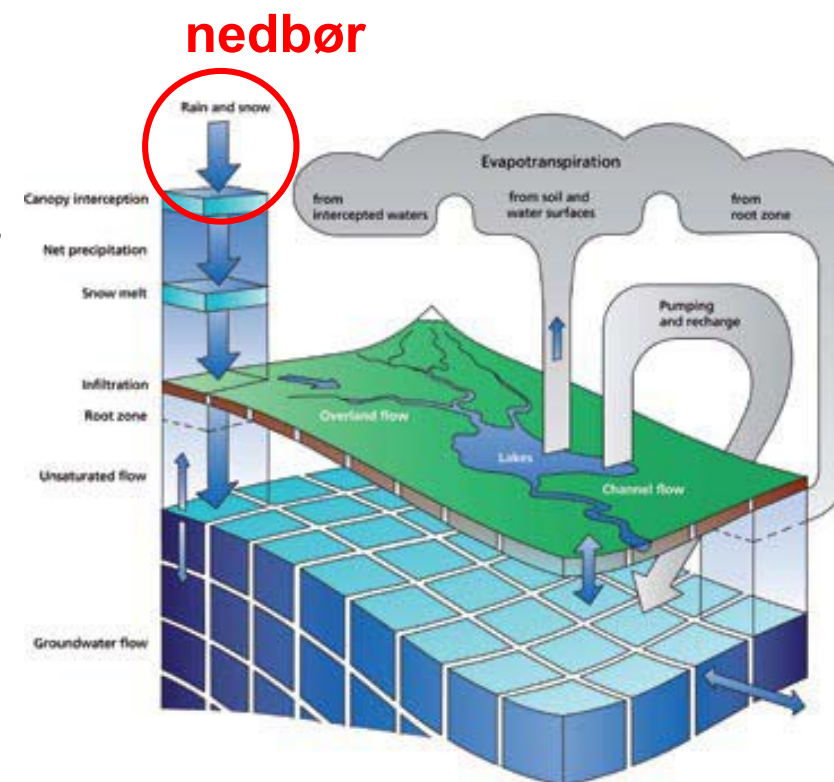
Flemming Vejen, DMI

Indledning

Nedbør er en vigtig parameter i det hydrologiske kredsløb. Så der er brug for:

- Pålidelige nedbørmålere + styr på måleusikkerhed
- Korrektion for fejlkilder
- Målere placeret repræsentativt og homogent
- Nok målere til beregning af pålidelig arealnedbør
- Diskontinuitet/homogenitetsbrud: "altid" en risiko!

Betydning for opgørelser over grundvandsressourcer, afstrømning, udledninger til havet af N og P, varsling af oversvømmelser, o.m.a.



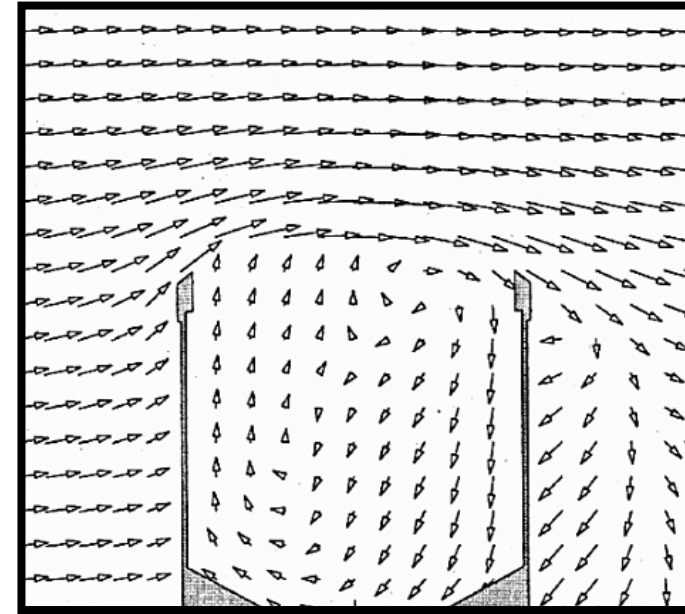
Vi har brug for
at kende den
sande nedbør

Fejlkilder: vindens effekt

Vigtigste fejlkilder

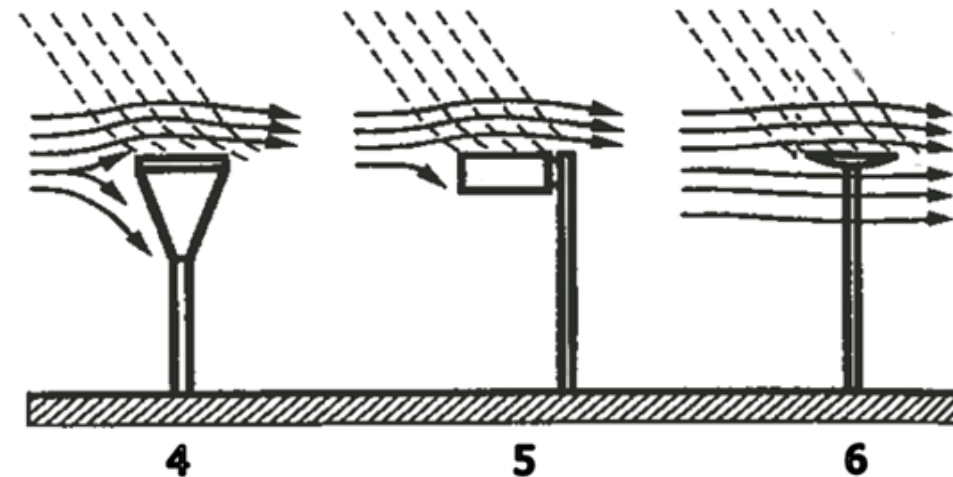
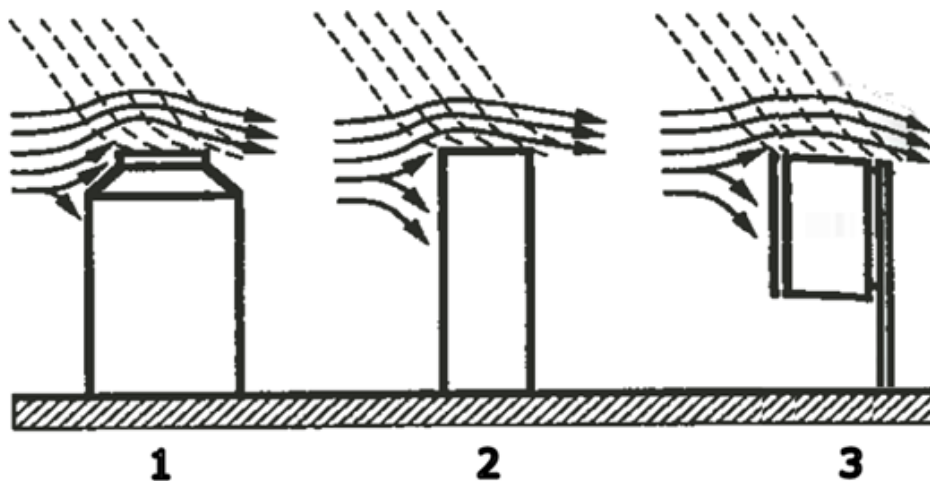
- Turbulens (vindhastighed)
- Wettingtab
- Fordampning
- Snefygning
- Splash-effekter

Hvirvler "holder dråber ude"



Gælder om at finde bedste kompromis mellem form og rumindhold:

Dårligst



Bedst

Valg af måletype er utrolig vigtig



Manuel måling
Hellmann 1910/25 til 2011



Tipping bucket

*Rimco siden 1979
Spildevandskomiteens
Regnmålnet (SVK)*



Geonor siden 1980'erne



Pluvio² siden 2011



Vejemålere



Der kan heldigvis korrigeres for vindens effekt

sne

$$k_{\alpha} = \alpha \cdot e^{\varphi(V,T)} + (1-\alpha) \cdot e^{\psi(V,I)}$$

regn

Baseret på feltforsøg for:
Hellmann, Rimco, Geonor

Hvad med Pluvio²?
Antagelse jfr. producent:

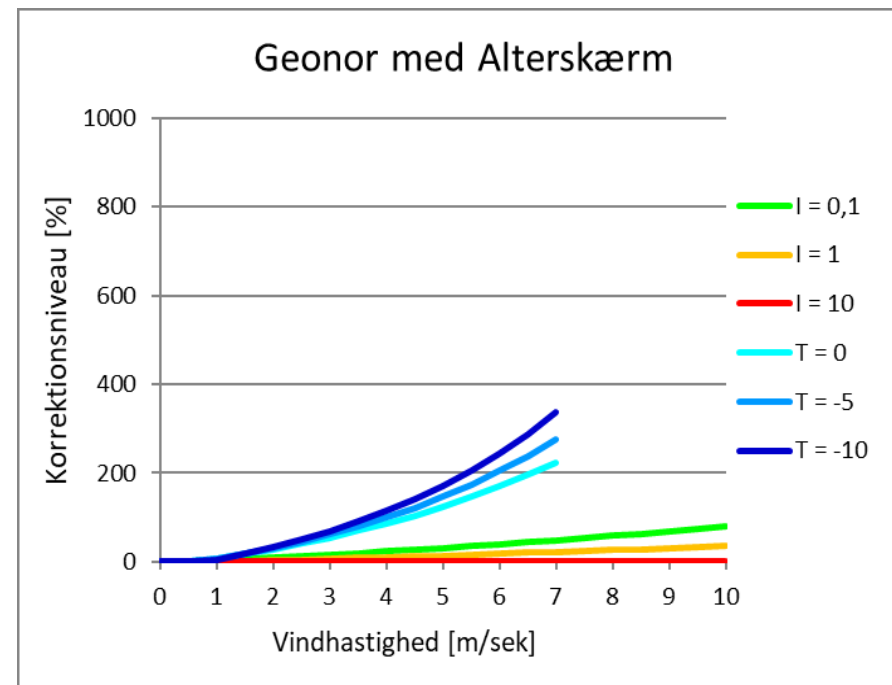
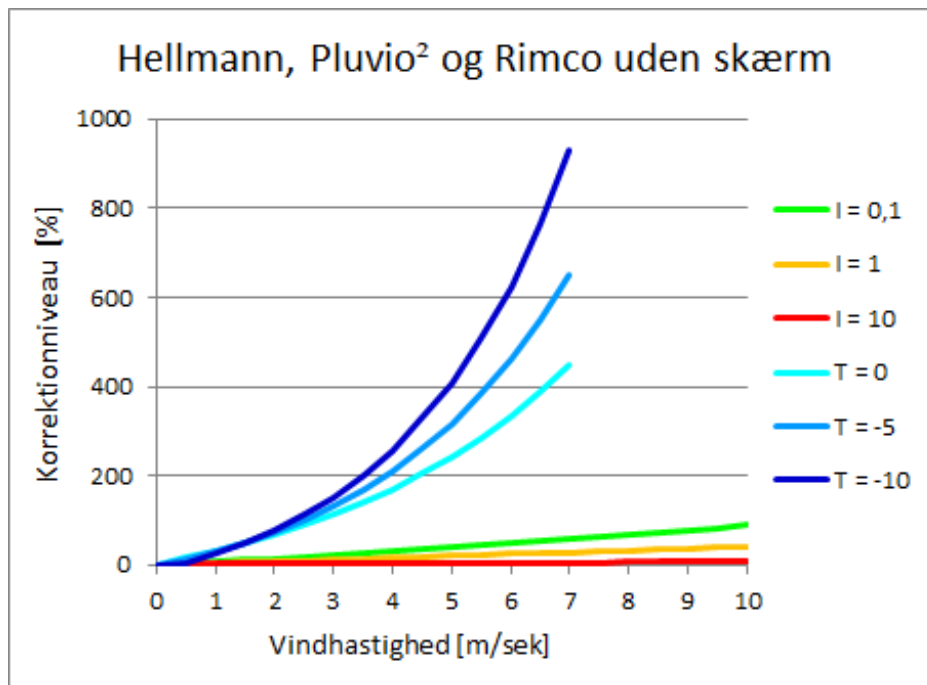
Pluvio $\approx$ Hellmann

V = vindhastighed

I = regnintensitet

T = temperatur

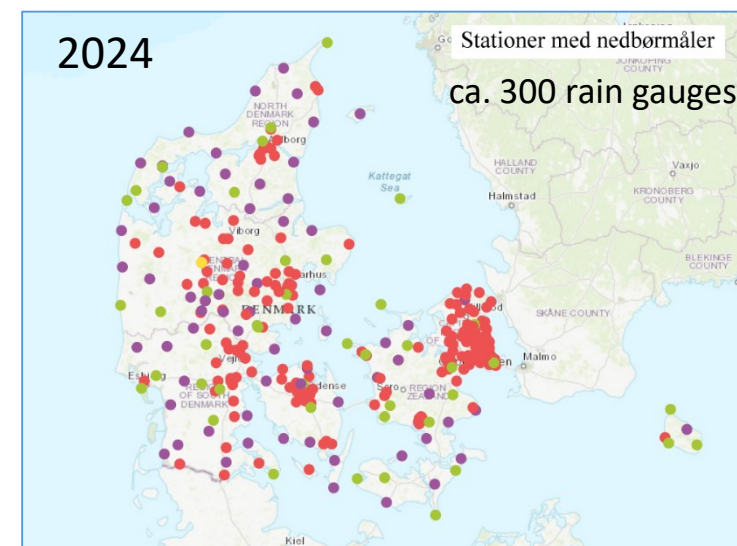
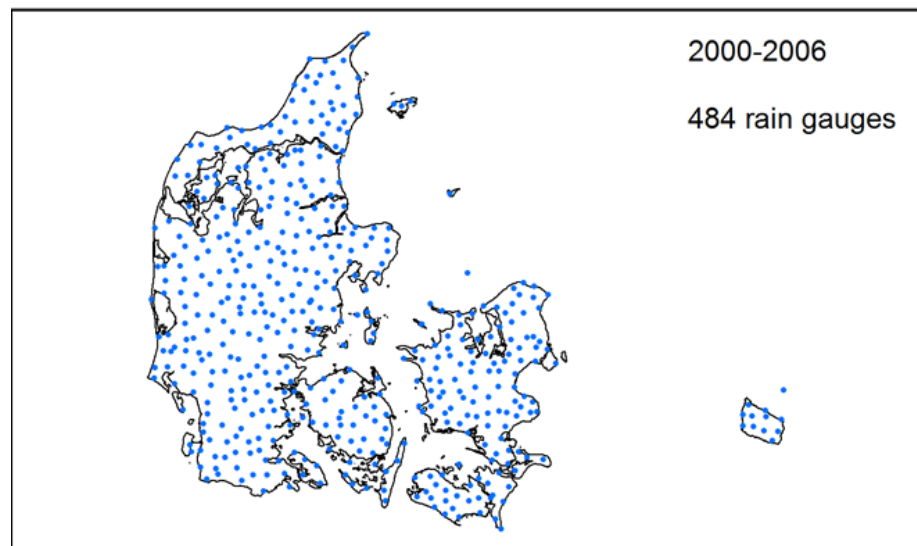
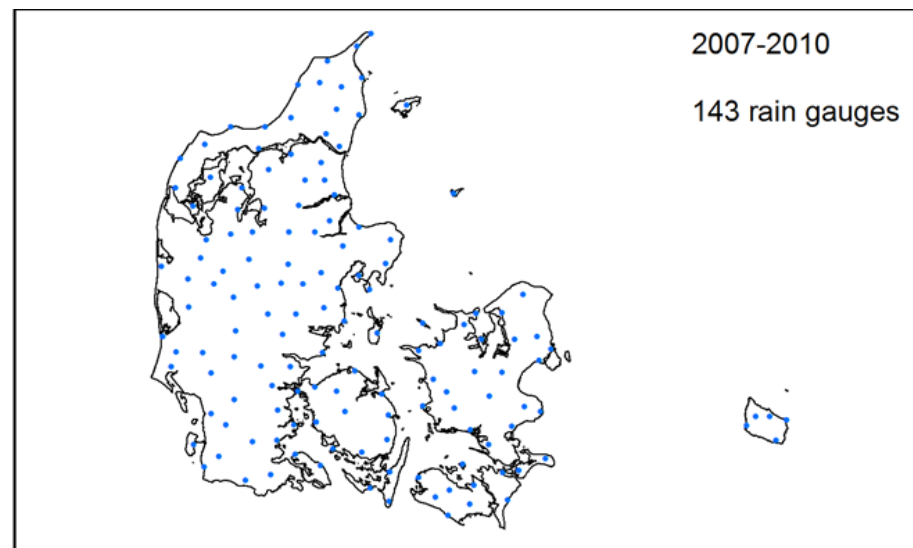
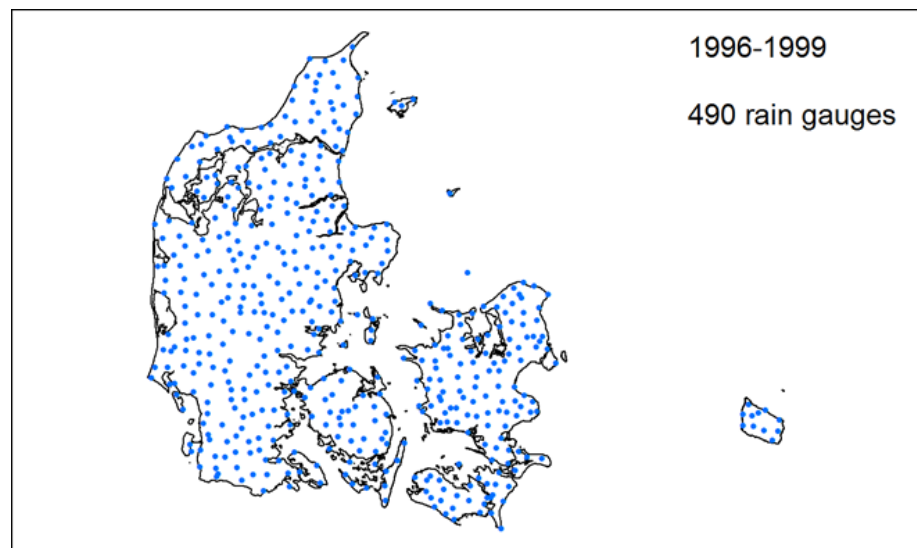
α = andel af nedbør som sne



(Allerup, Madsen & Vejen, 1997)



Ændringer i det målenet, der anvendes til beregning af korrigeret nedbør



Før/efter 2011:

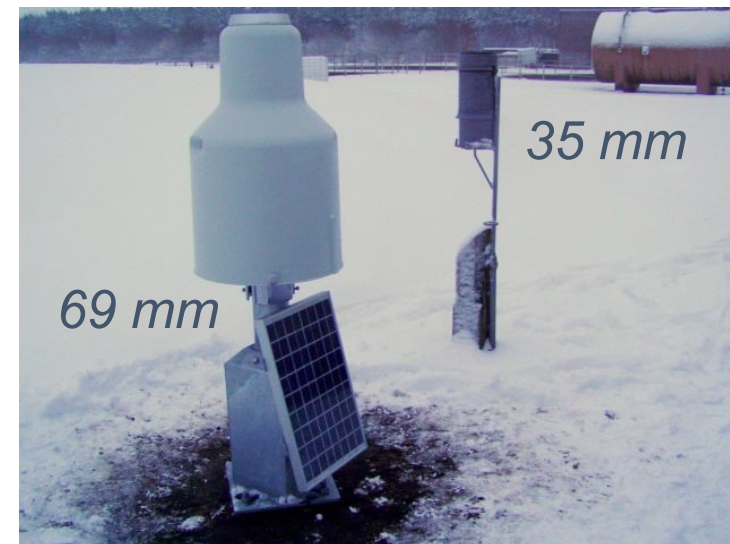
- Færre stationer
- Inhomogent net
- Flere målertyper

- Vejrstationer med Geonor el. Pluvio²
- Rimco-stationer
- Pluvio²-stationer

2011: forskel i måleteknik

De vigtigste forskelle i specifikationer af betydning for nedbørmålingen

før 2011		Efter 2011		
	Hellmann	Geonor	Pluvio ²	Rimco
Indrapportering	Manuel	Automatisk i real-time		
Kapacitet (mm)	Sne: ≈ 35 Regn: ≈ 180	1000	1500	uendelig
Opløsning (mm)	0.1	0.1	0.01	0.2
Opløsning (tid)	Døgn	1 min		
Wettingtab	Ja	Nej (?)	Nej (?)	Ja
Fordampningstab	Ubetydeligt	-	-	Ja (?)



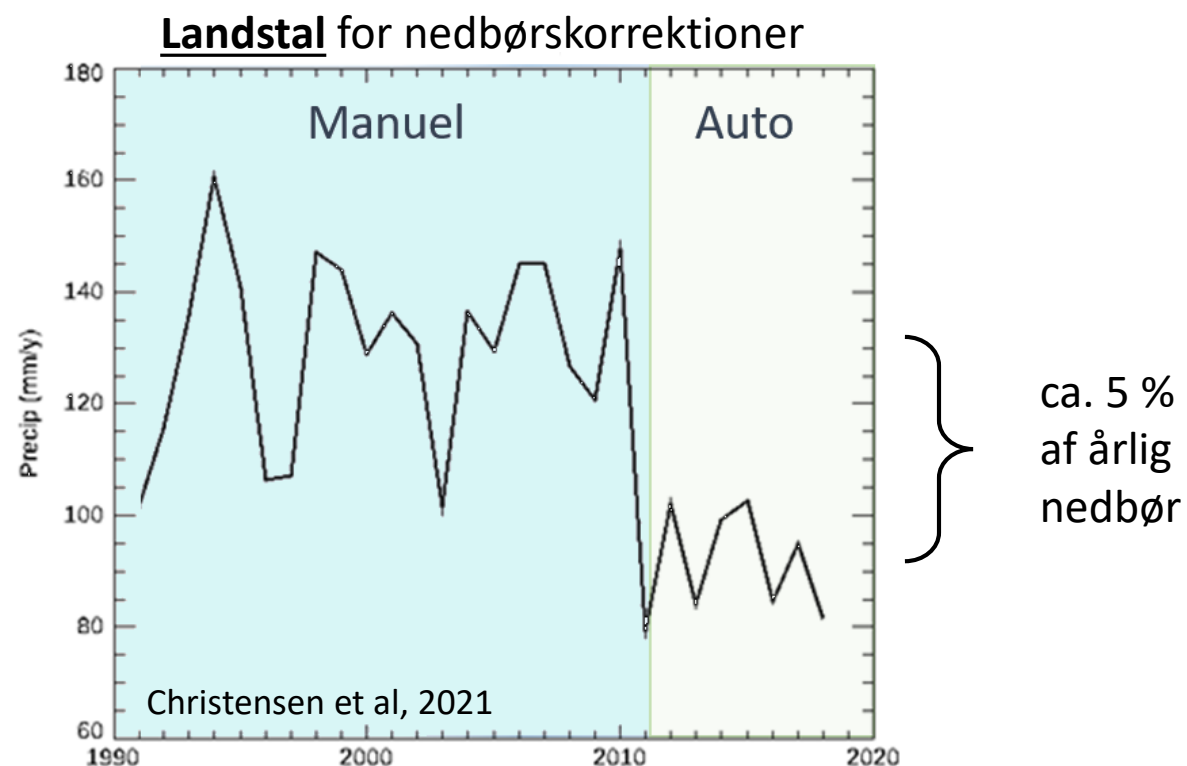
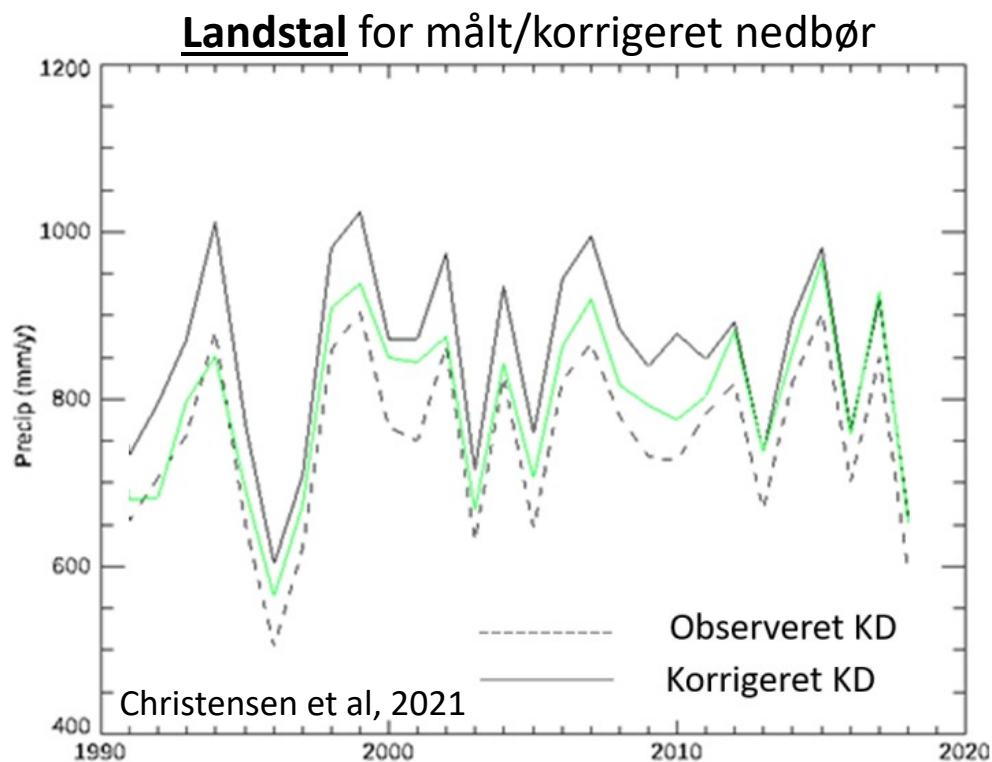
Snestorm i december 2010

Diskontinuitet i korrigeret nedbør

En konstateret diskontinuitet på ca. 6 % før/efter 2011: mindre vandmængde efter 2011

Hypoteser om årsager:

- Hvad betyder udtyndingen i målnettet?
- Usikker antagelse om korrektion: Pluvio² $\approx$ Hellmann?
- Er der et wettingtab for Pluvio² og Geonor?
- Er der et fordampningstab for Rimco?



Eksempel på effekten af tyndere målenet

Beregning af gridnedbør for 1992:

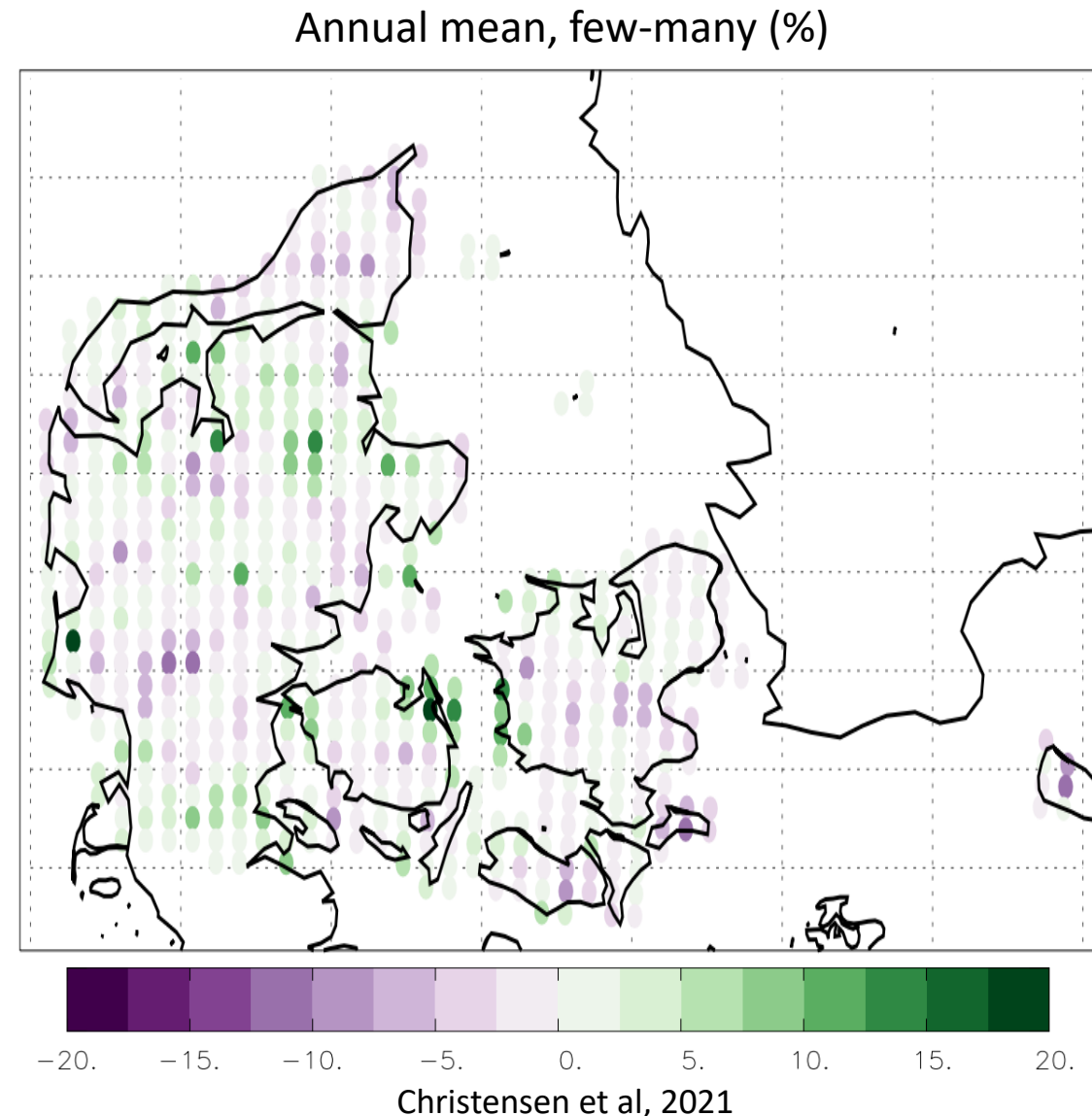
- Baseret på alle nedbørmålere (ca. 600)
- Beskæring af nettet svarende til efter 2011
- Beregning af forskel i mm og %

Resultat på årsnedbør:

- Ingen signifikant forskel i landstal
- Lokale/regionale forskelle op til $\pm 10\%$
- NB: på månedsniveau er forskellene større:
 - År: stdafv = 3,91 %
 - Måned: stdafv = 12,26 %

Kan vi forbedre data bagudrettet?

- Spatial gap-filling baseret på vejrradardata



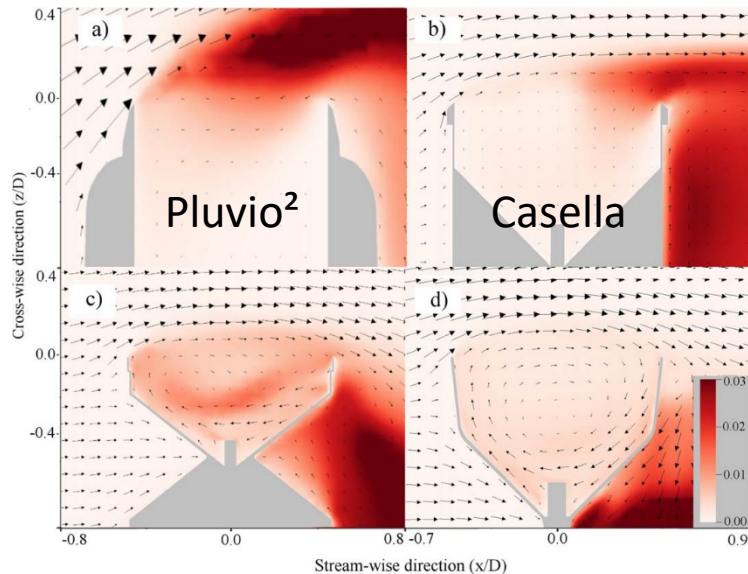
Præcisere korrektionsmodel for Pluvio²

- Pluvio² fanger mindre regn end Hellmann
- Overlapsdata 2009-2010: $\text{Pluvio}^2 = \text{Hellmann} + 2,15\%$
- Turbulens: $P_m(\text{Pluvio}^2) < P_m(\text{Hellmann})$

Præcisere denne værdi ved at
opgradere korrektionsmodel for regn

Forklarer ca. 1/3-del af diskontinuiteten

Colli et al (2017): Simulering af turbulent kinetisk energi
samt størrelse/retning for vindflow, horisontal $V = 10 \text{ m/s}$



Testfeltet i Silstrup, etableret i 2023



Rimco fordampningstab

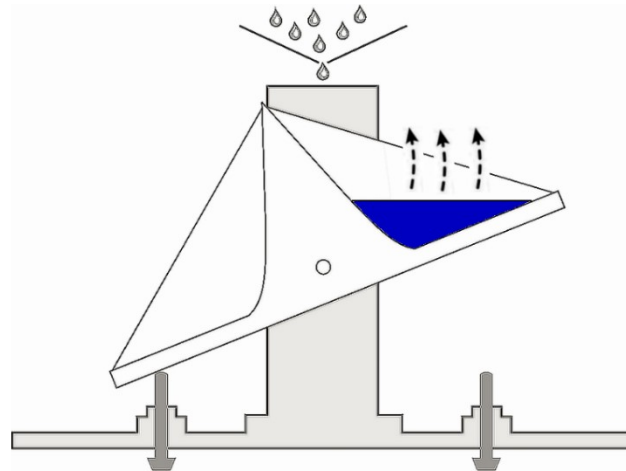
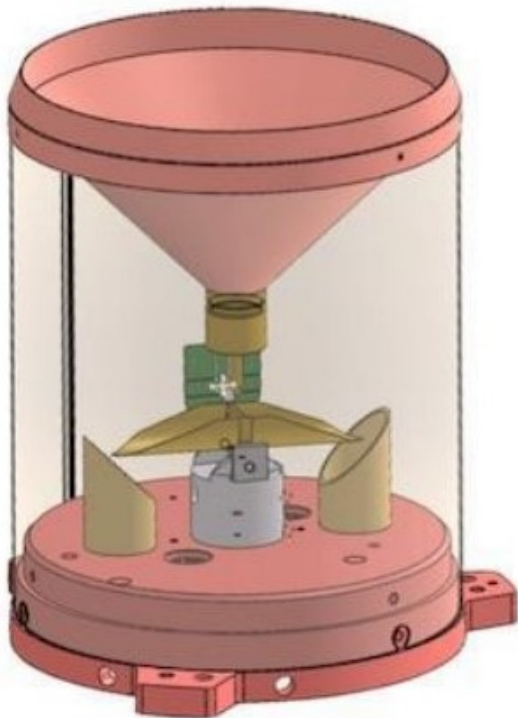
Volumen for vippeske: 0,2 mm

Når en regnhændelse slutter, er der 0,1 mm tilbage

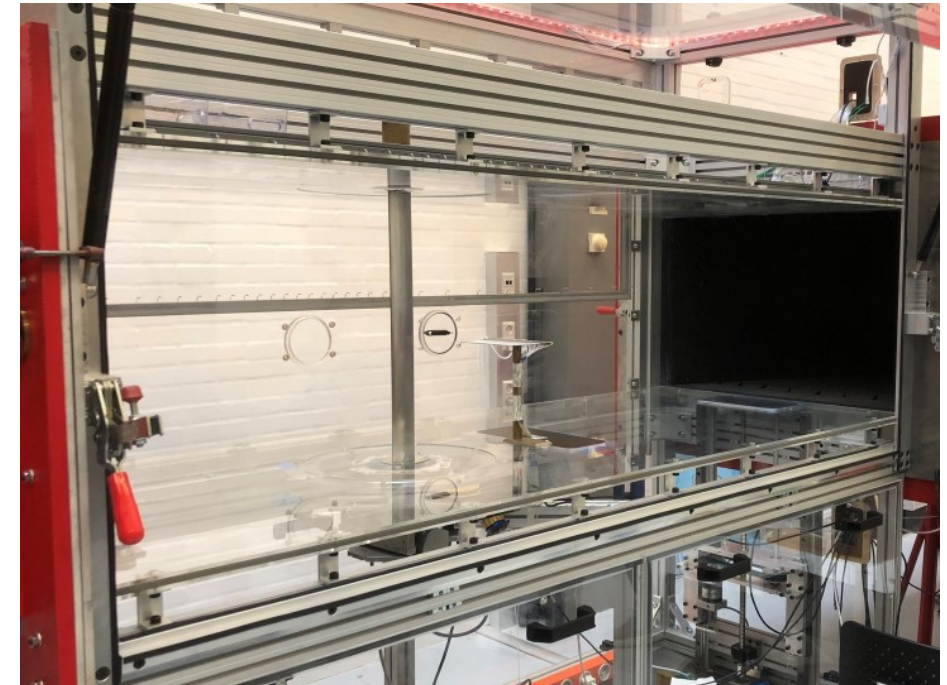
Hvor meget af dette fordamper inden næste hændelse?

NB: ikke fundet noget om dette i litteraturen

- Hvis der fordamper 0,1 mm pr. nedbørdøgn = ca. 2,2 %/år
- + årligt wettingtab ca. 2 %
- I alt: ca. 4 % $\Rightarrow$ Delforklaring på diskontinuitet

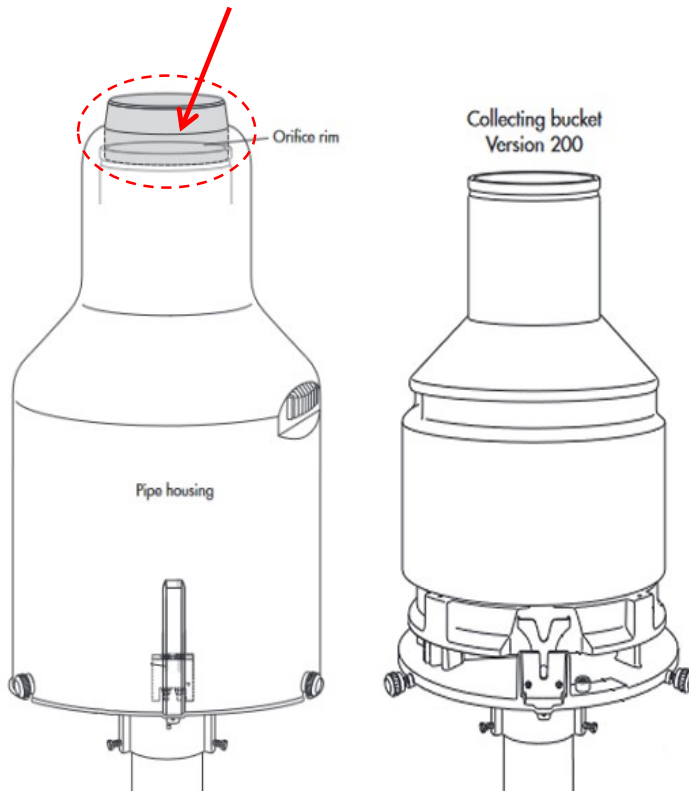


Vindtunnel: test af fordampning (DTU Fluid Lab)

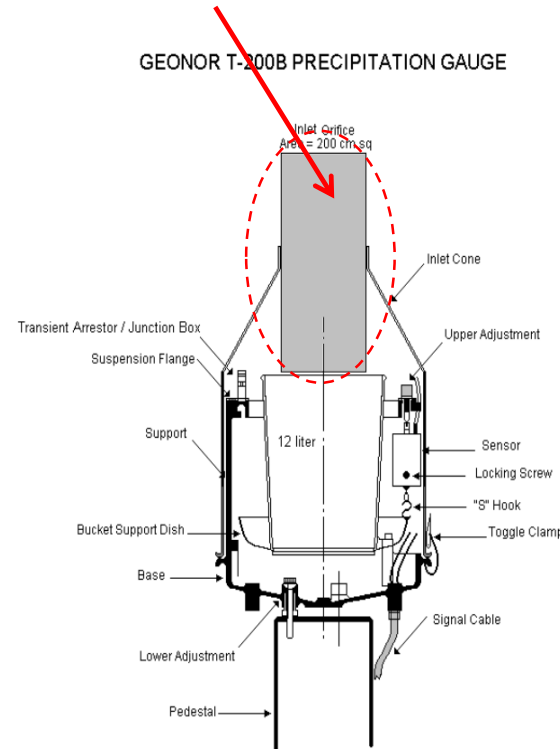


Er der et wettingtab for Pluvio² and Geonor?

Areal med wettingtab?



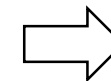
Areal med wettingtab?



WMO SPICE final report om wetting:

*The wetting loss correction is not necessary when manual measurements are obtained based on weight, rather than volume, as no precipitation is drained from the collector when taking measurements. Hence, **where the weight-based approach is applied during WMO-SPICE (e.g. at CARE), wetting loss corrections are not required.***

- Der arbejdes på lab-testing for at fastlægge et evt. wettingtab
- Resultater forventes i nær fremtid



Delforklaring på diskontinuitet

Afrunding

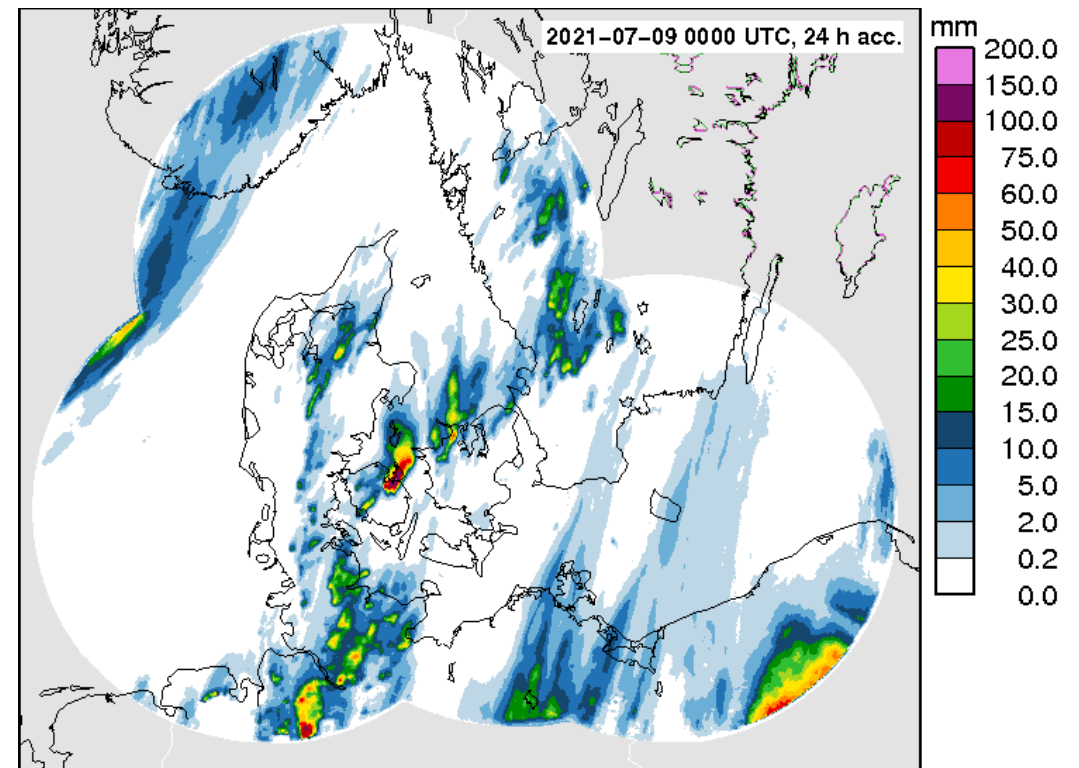
Kan tiltagene eliminere diskontinuiteten?

- Forbedret korrektionsmodel for Pluvio²
- Fordampningstab for Rimco
- Wettingtab for Pluvio² og Geonor
- Forbedret nedbørdatasæt henover diskontinuiteten vha. radardata (gapfilling)
- Tests i hydrologiske modelberegninger i samarbejde med GEUS og DCE

Ved lokale byer er det lotteri, om målnettet fanger regnen

To løsninger:

- ☐ Udbygning af målnettet
- ☐ Supplering med vejrradardata





Slut 😊