

Sannolikhetsmodellering av is på vindkraftverk genom deterministisk sampling



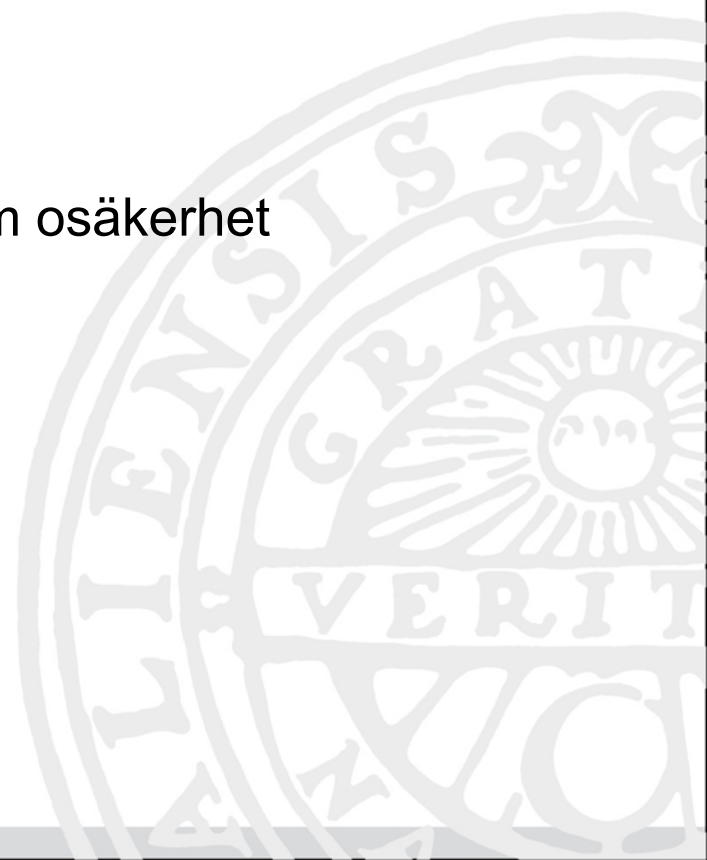
Jennie Söderman
Heiner Körnich (SMHI)
Esbjörn Olsson (SMHI)
Peter Hessling (Kapernicus)

Kontakt: jennie.perssonsoderman@geo.uu.se

Sponsrat av Energimyndigheten

Motivation

- Produktionsprognos för “nästa dygn” viktig för handel med vindkraft
- Bättre isprognos:
 - > Bättre produktionsförlustprognos
 - > Bättre produktionsprognos
- Sannolikhetsprognos ger uppskattning om osäkerhet + sannolik produktion
 - > Cost/loss uppskattning



Innehåll

Introduktion

- Modellkedja
- Tidigare studie

Deterministisk sampling

- Osäkerheter i ismodellen
- “Enkel” deterministisk sampling

Resultat

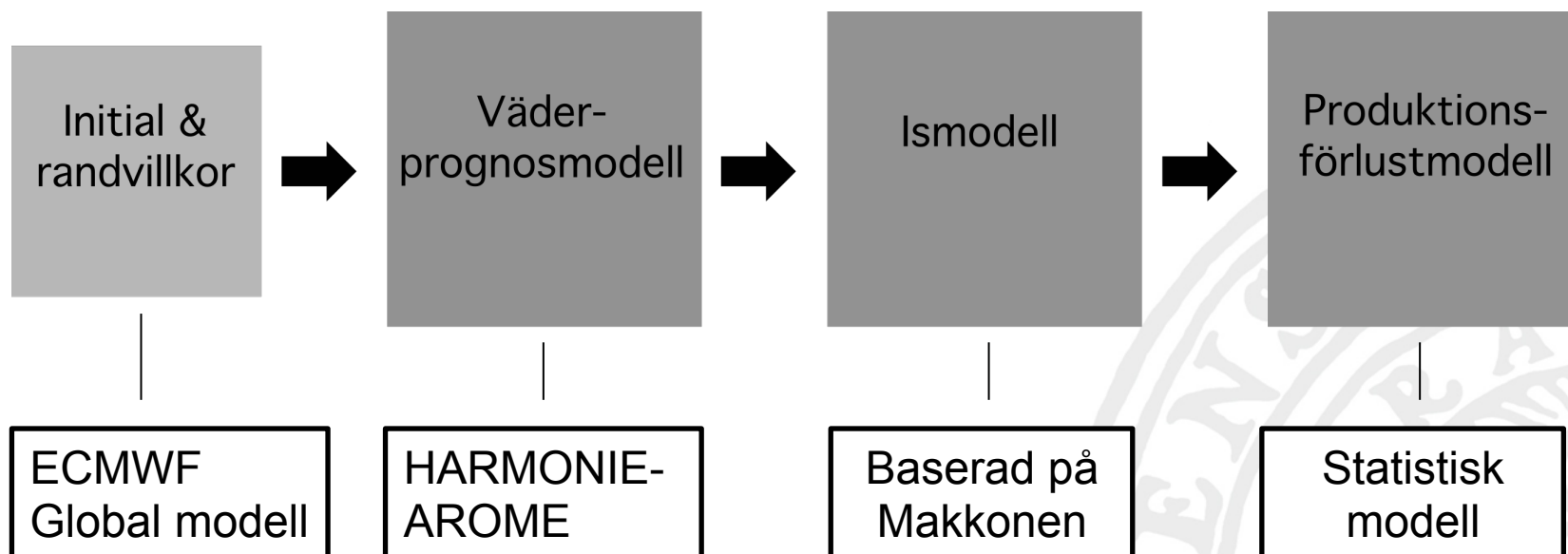
- Hur viktiga är de olika parametrarna?
- Bättre prognos
- Verifikation av spridningen

Sammanfattning



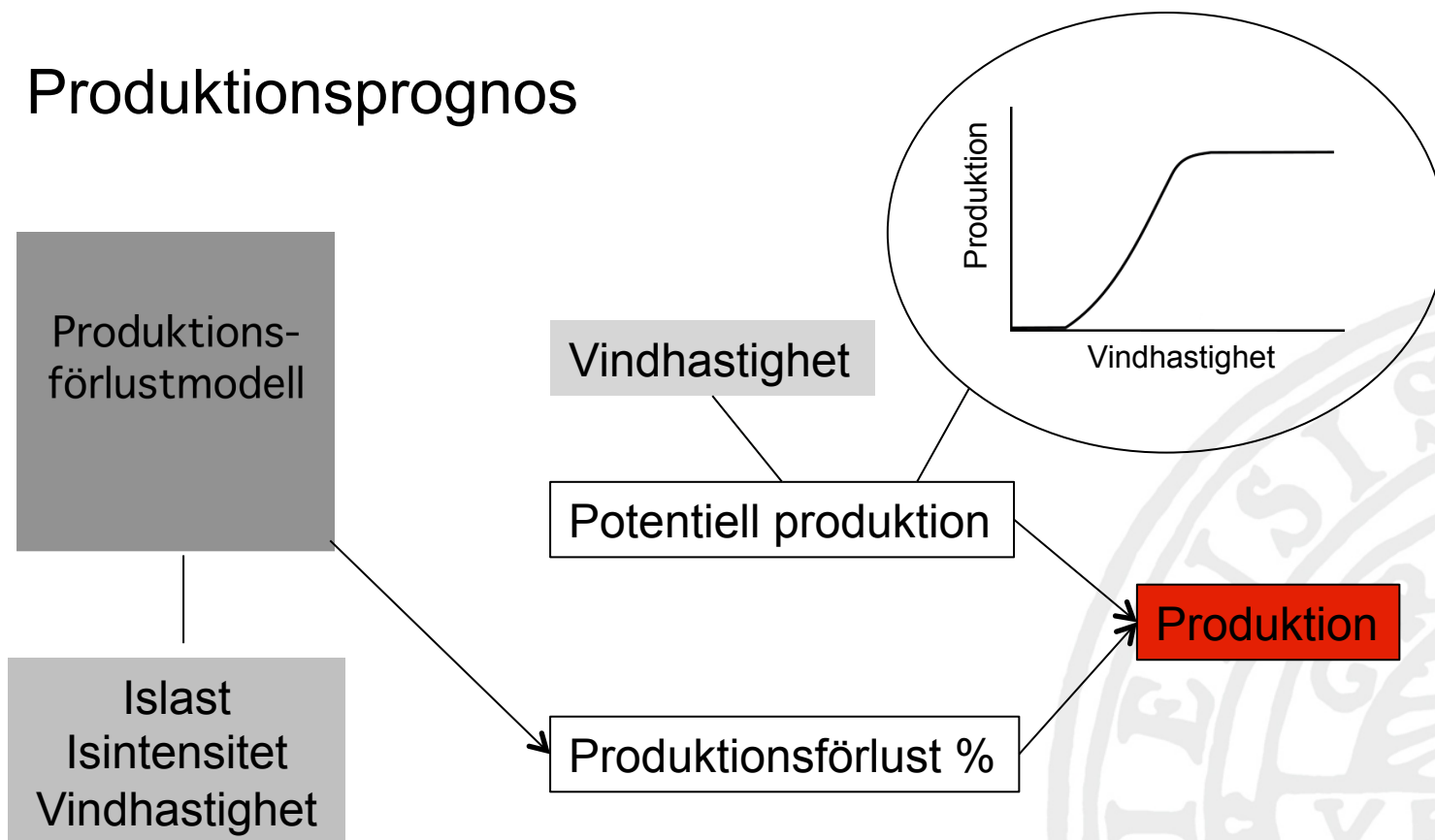
Introduktion

Modellkedja för modellering av produktionsförluster pga is



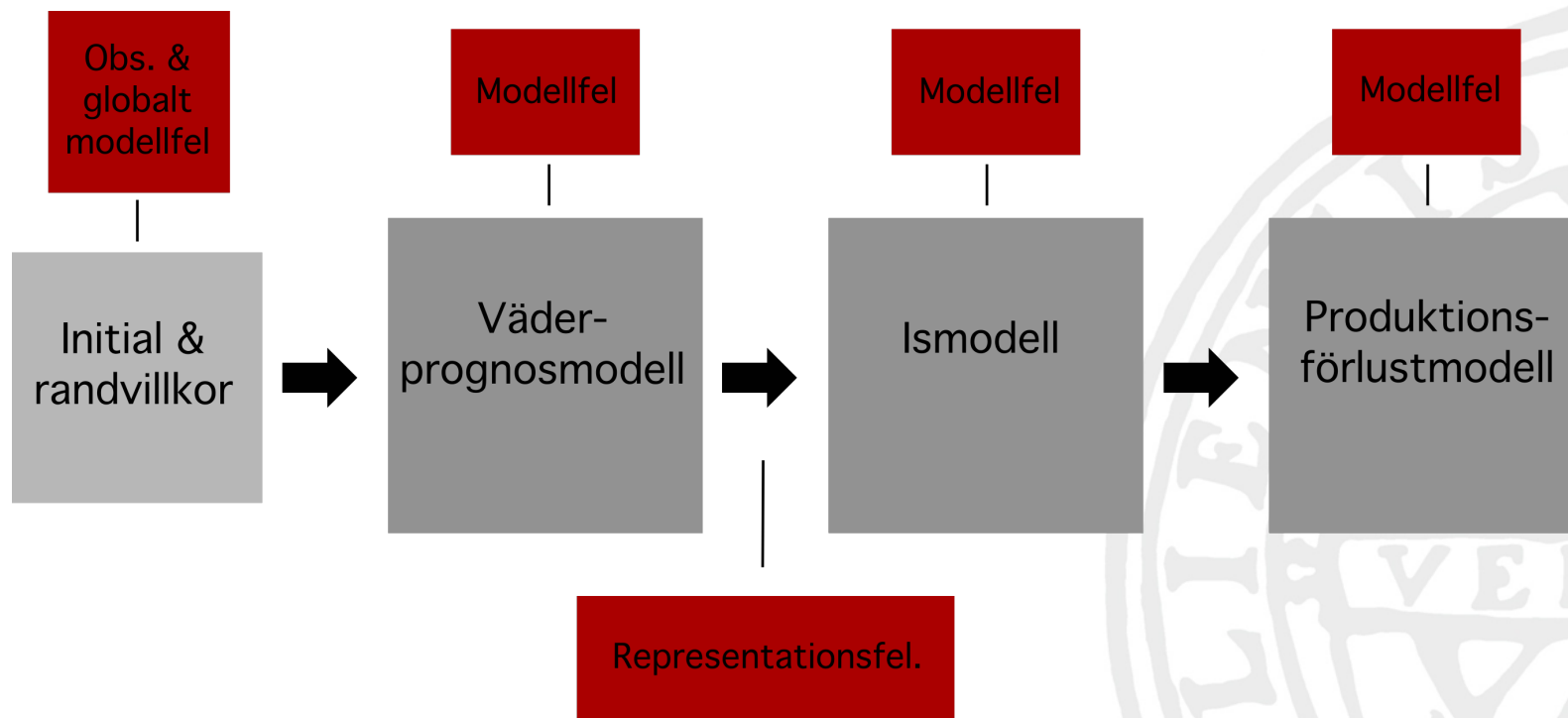
Introduktion

Produktionsprognos



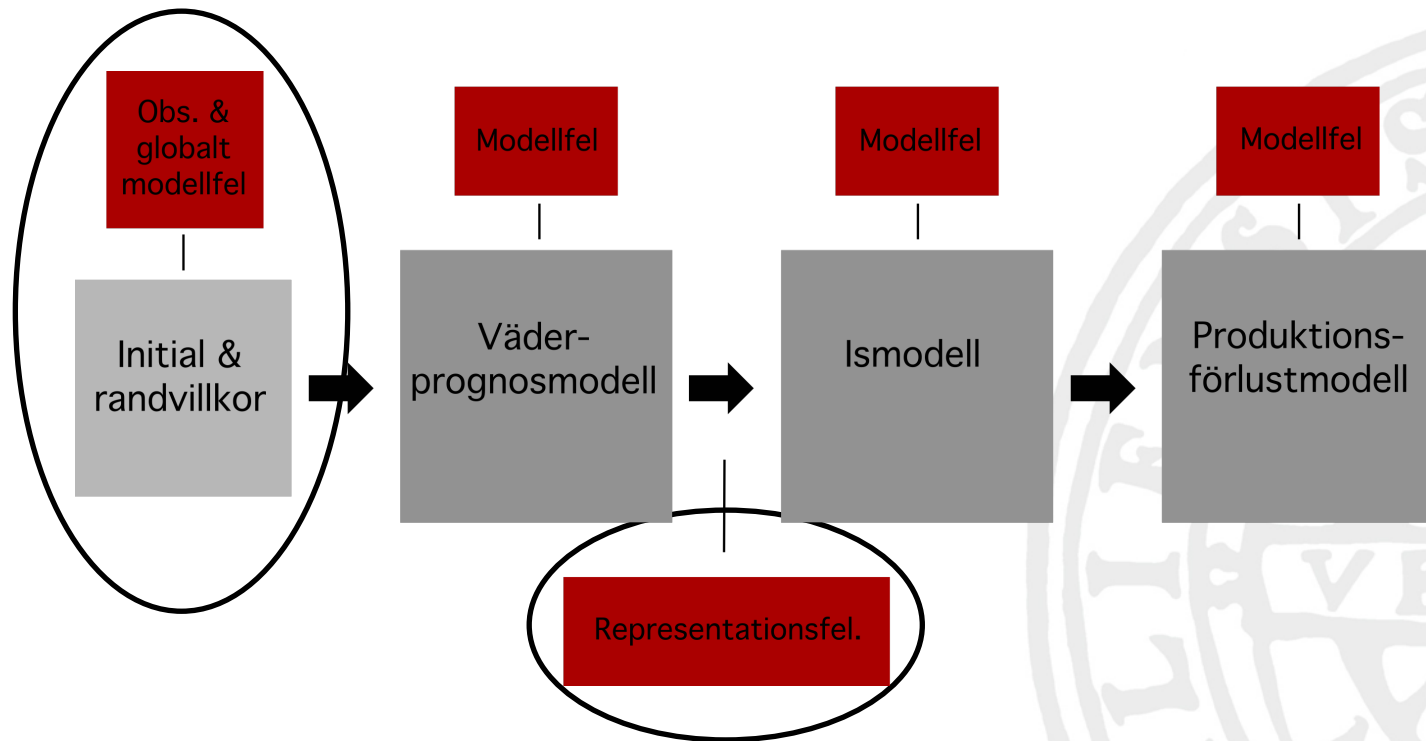
Introduktion

Osäkerheter i modellkedjan - sannolikhetsprognoser



Introduktion

Tidigare studie: Fokus på initial- och representationsfel

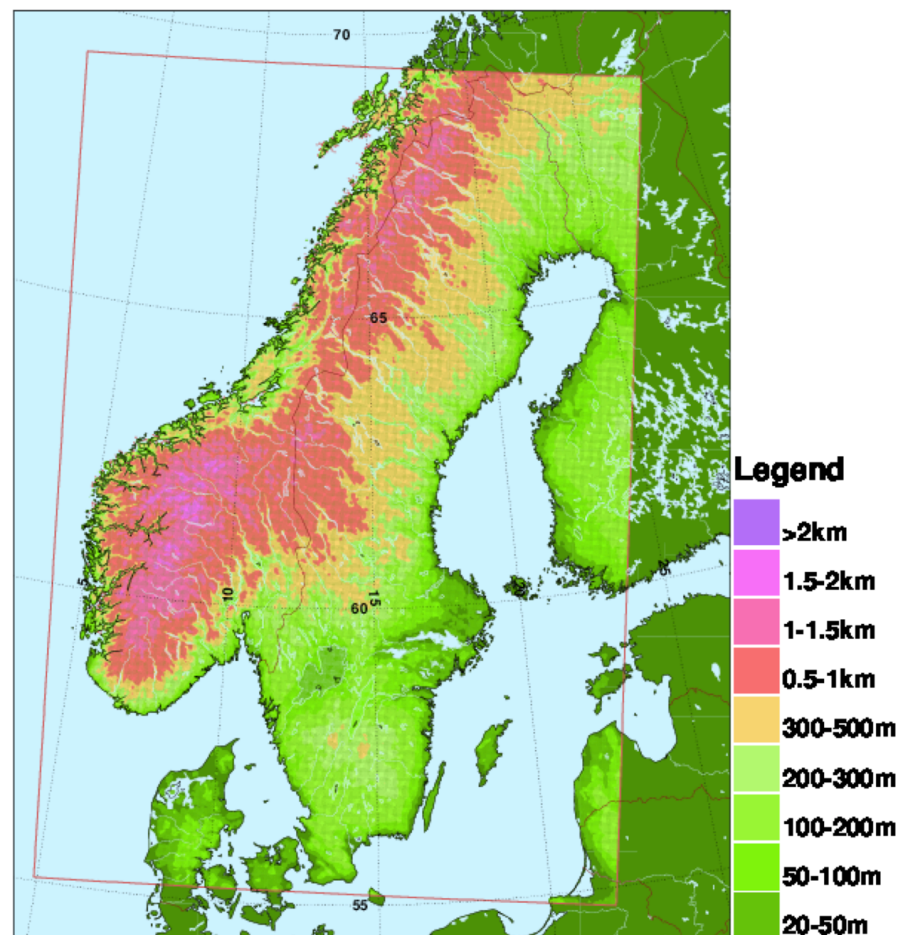


Introduktion –tidigare studie

Två veckor vinter 2011-12

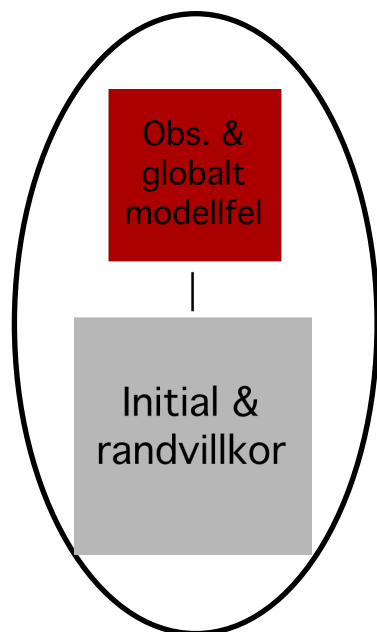
Observationer

- 10 stationer med meteorologiska mätningar
- 3 stationer med produktionsdata
- 60-100 m över marken



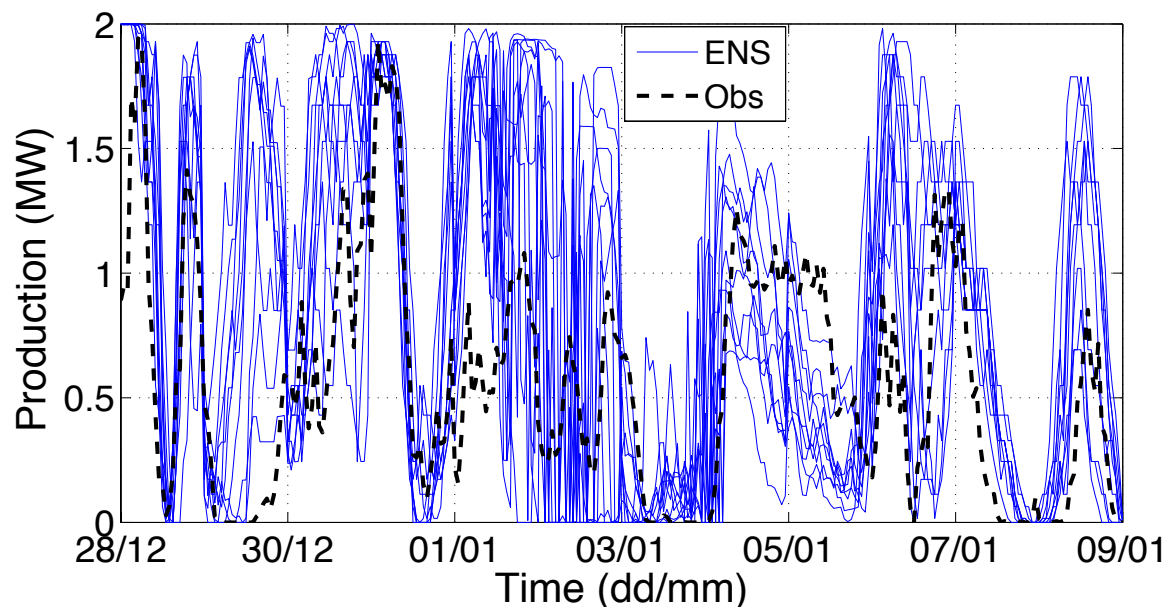
Introduktion - tidigare studie

Initialtillståndensemble



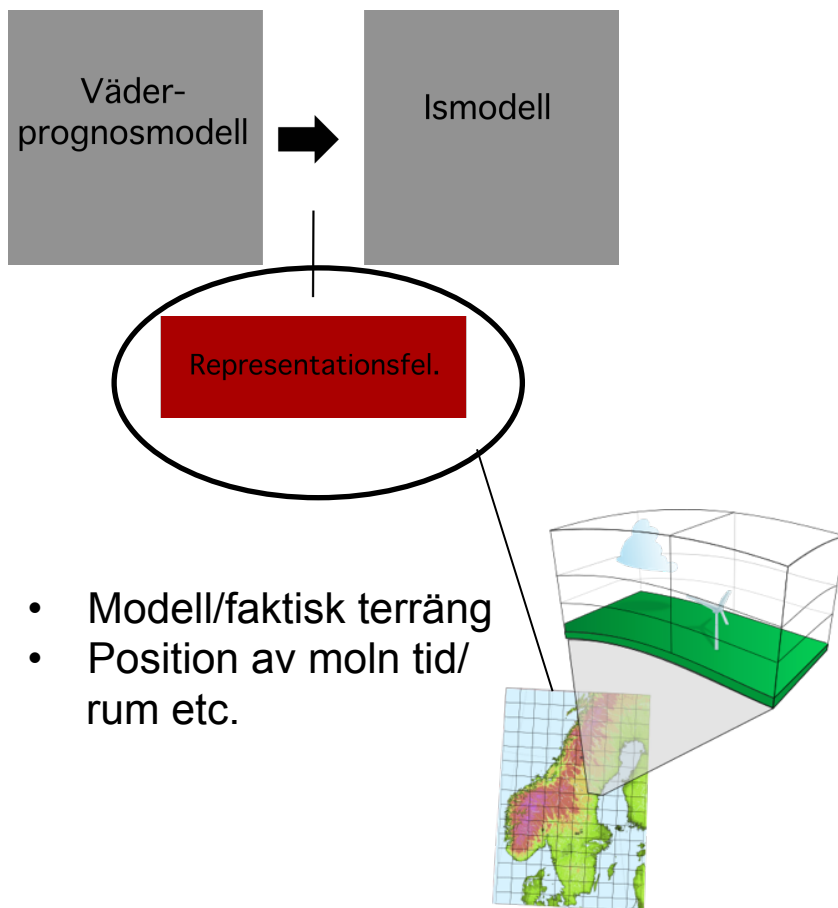
HarmonEPS

- 11 medlemmar, 10 med perturberade initialtillsånd
- ECMWF EPS-ränder
- Prognos 06 UTC+ 0-42 (18-42) timmar
- 2.5 km



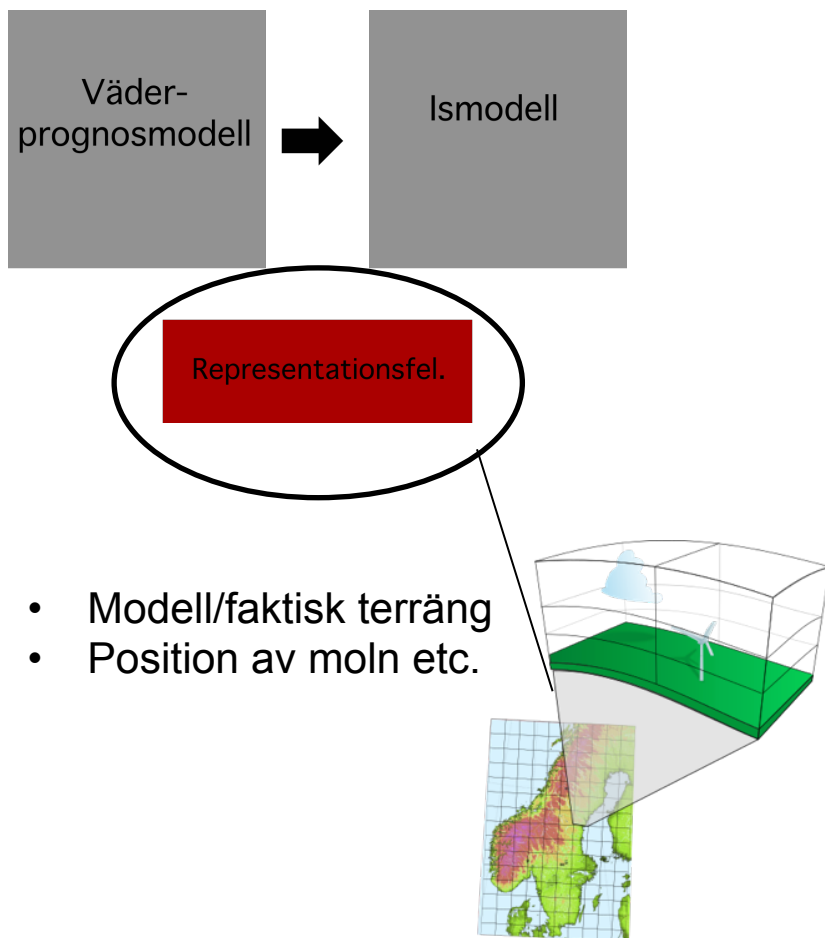
Introduktion - tidigare studie

Grannmetoden



Introduktion - tidigare studie

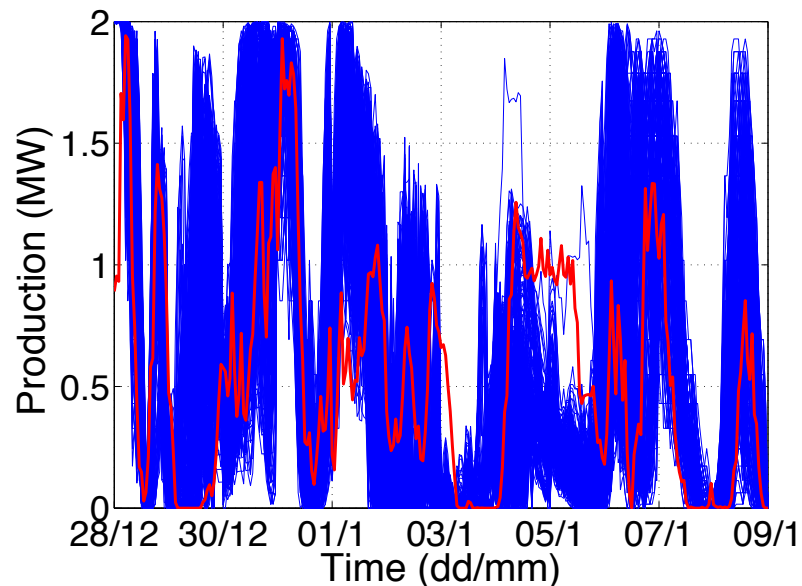
Grannmetoden



Grannmetoden - horisontell

- 25 gridpunkter
- Lika troliga - ensemble

Kombinerad grannmetod+ ensemble



Introduktion - tidigare studie

Kombination av metoderna ger bäst resultat

RMSE (medel av ensemblemedlemmar):

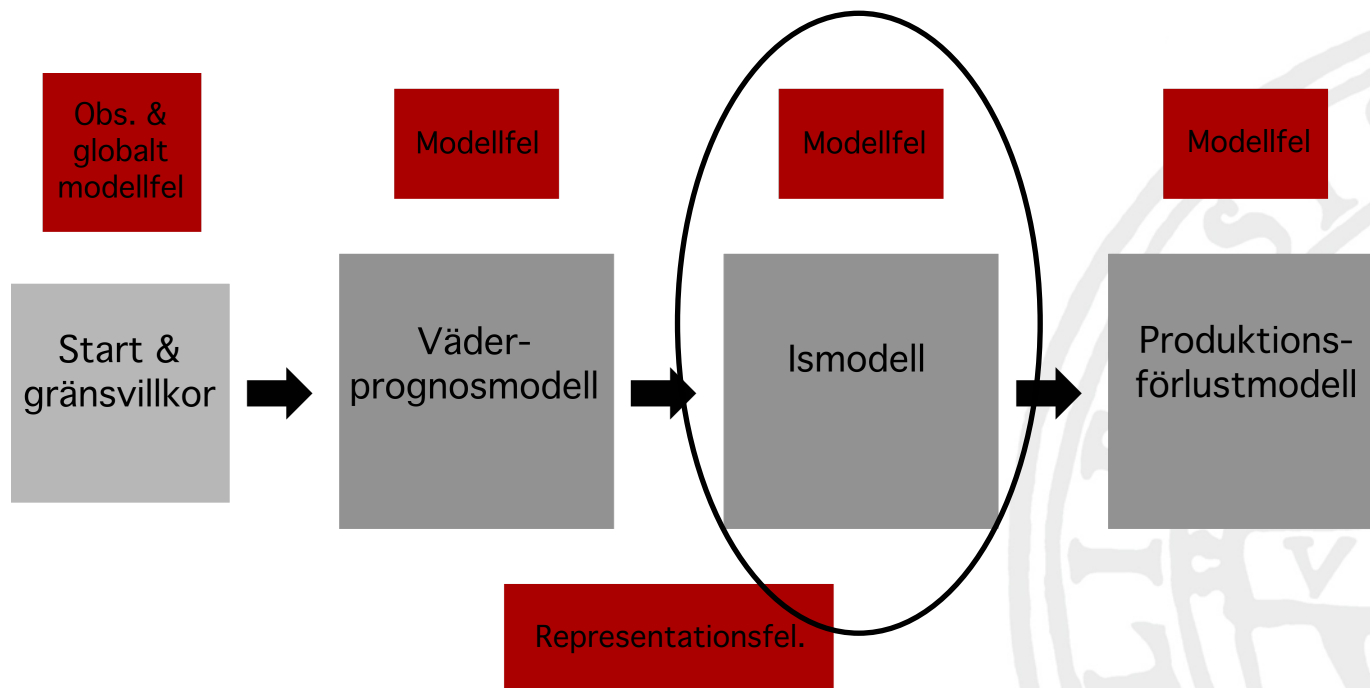
Kombination	Produktion (MW)	Prod. förlust (%)
Deterministisk	0.46	26
Grannmetod	0.44	23
Ensemble	0.44	21
Ensemble+Grann	0.41	21

Medel av ensemblemedlemmarna

“Probabilistic forecasting of wind power production in cold climates: A case study”
Discussion paper in WES:
<https://doi.org/10.5194/wes-2017-28>

Ny studie: Deterministisk sampling

Fokus på ismodellens osäkerheter

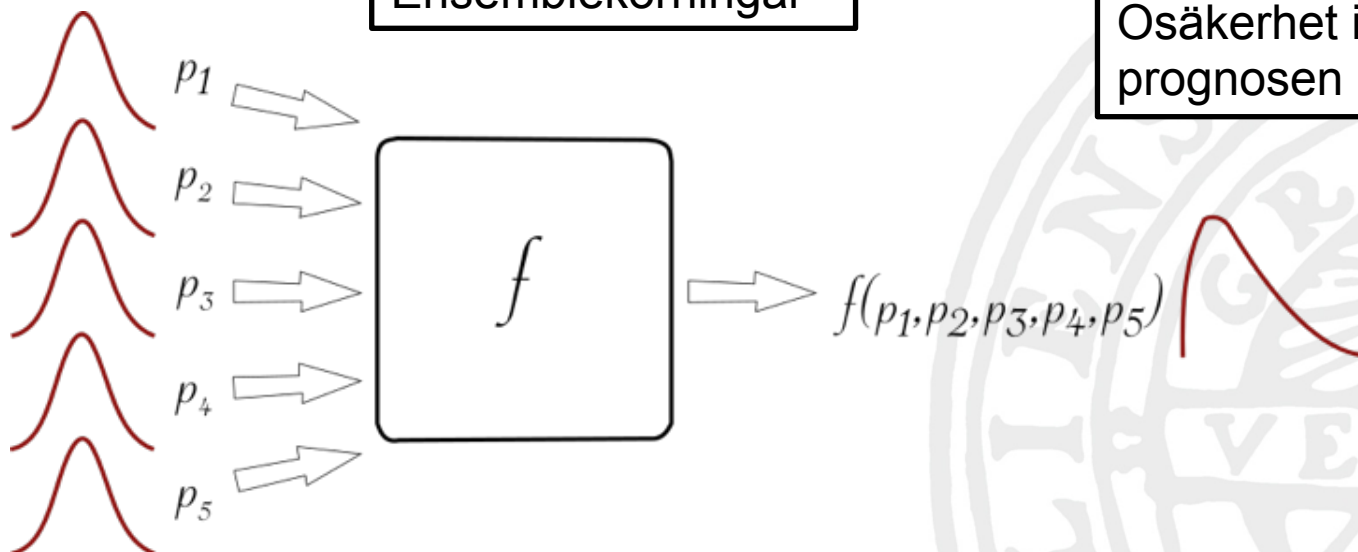


Deterministisk sampling

Osäkerheter i
parametrar i modellen
(Medel+ STD)

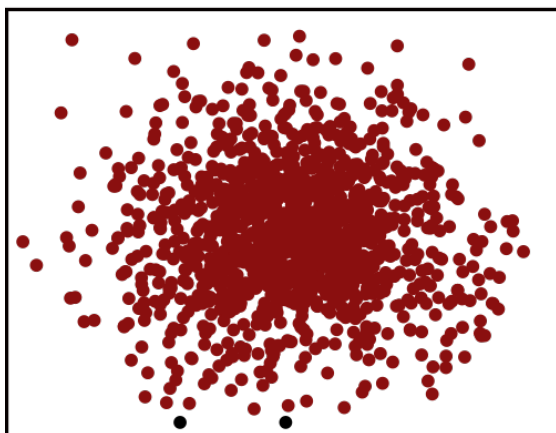
Ensemblekörningar

Osäkerhet i
prognosen

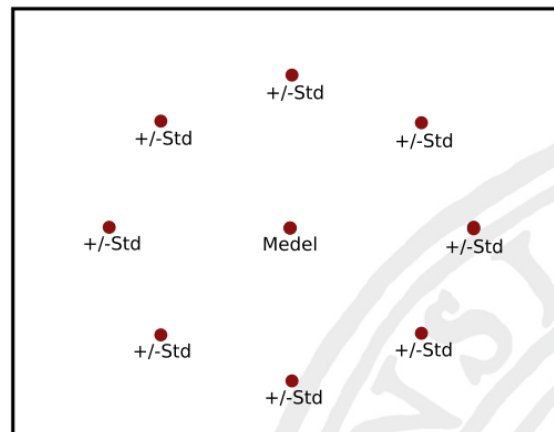


Deterministisk sampling

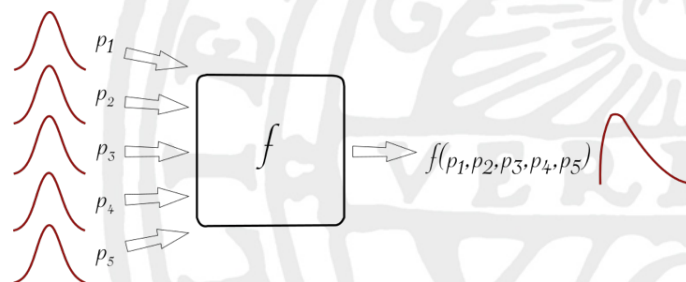
Slumpmässig sampling
~10000 körningar



Deterministisk sampling
Få körningar med olika vikt



Deterministisk sampling optimerar antalet
modellkörningar – antalet sampel från
osäkerhetsfördelningen



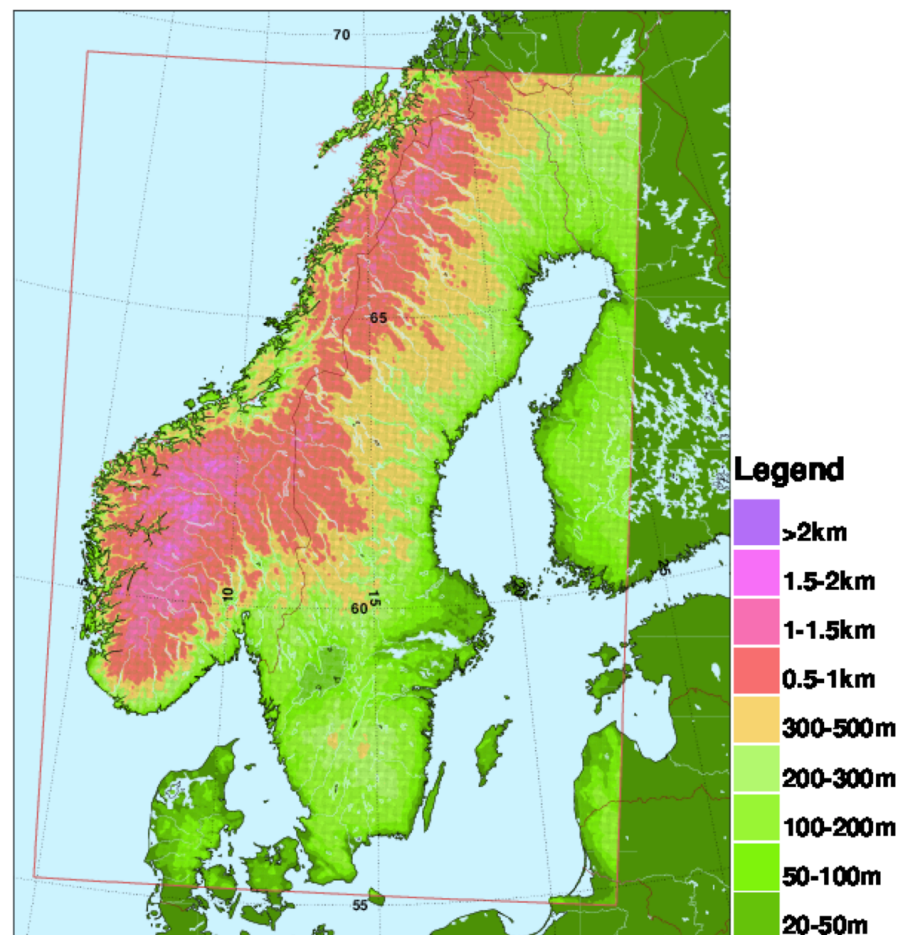
Testperiod och observationer

10 veckor vintern 2013-14

- HarmonEPS (endast CM)
(HARMONIE-AROME 40h1.1)
- 2.5 km
- 06 UTC + 0-42 (18-42) timmar

Observationer

- 4 stationer med produktionsdata
samt vind- och
temperaturmätningar
- Finns ismätningar – osäkra
- Verifierar mot prod. förlust



Osäkra parametrar i ismodellen

Fem parametrar baserat på litteraturstudier

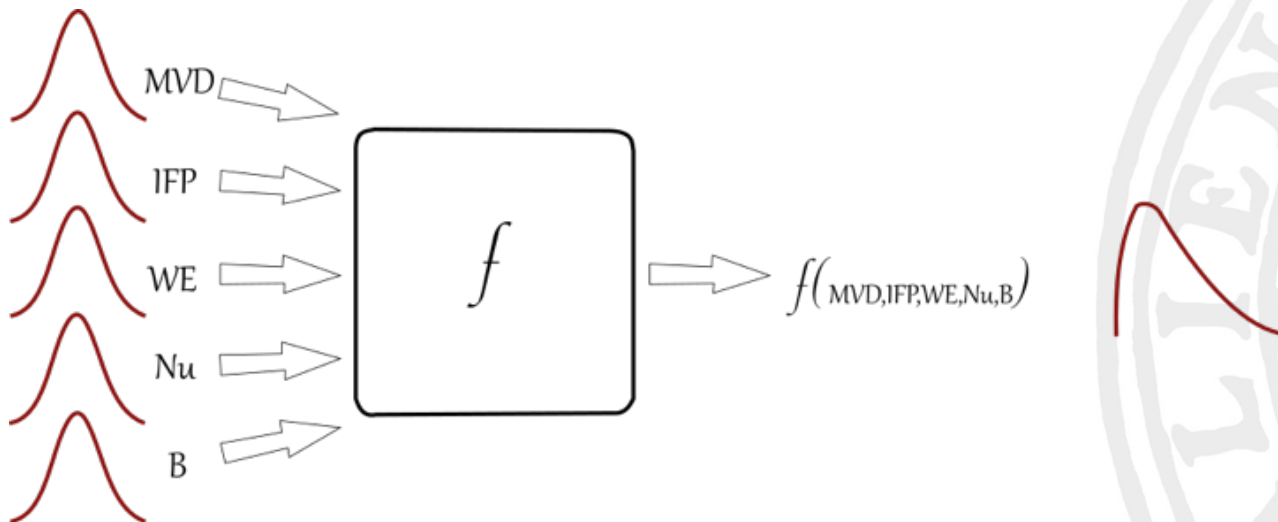
MVD – Droppstorlek

IFP – Is faller av vid smältning

WE – Vinderosion

Nu – Nusselt number, påverkar hur bra isen sätts samman

β – Påverkar hur bra snö och snöhagel fastnar på vingen



Första steg: “Enkel” deterministisk sampling med Hadamardmatrisen

Hadamardmetoden för fem parametrar

- 8 körningar/ensemblemmedlemmar
- +/- 1 standardavvikelse
- Fokuserar mycket på mitten av osäkerhetsfördelningen

		Modellkörning							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Osäkra parametrar	P_1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
	P_2	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1
	P_3	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
	P_4	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1
	P_5	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1

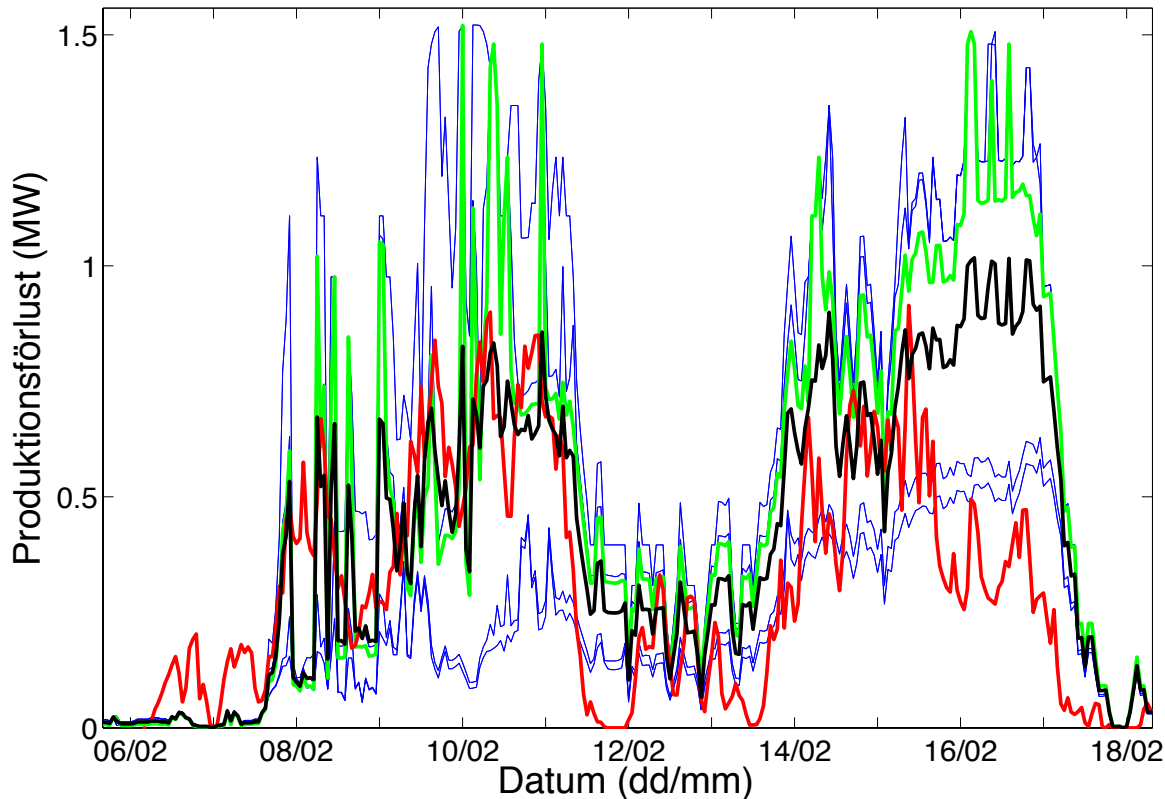
Standardavvikelse



UPPSALA
UNIVERSITET

Första steg: “Enkel” deterministisk sampling med Hadamardmatrisen

Exempel



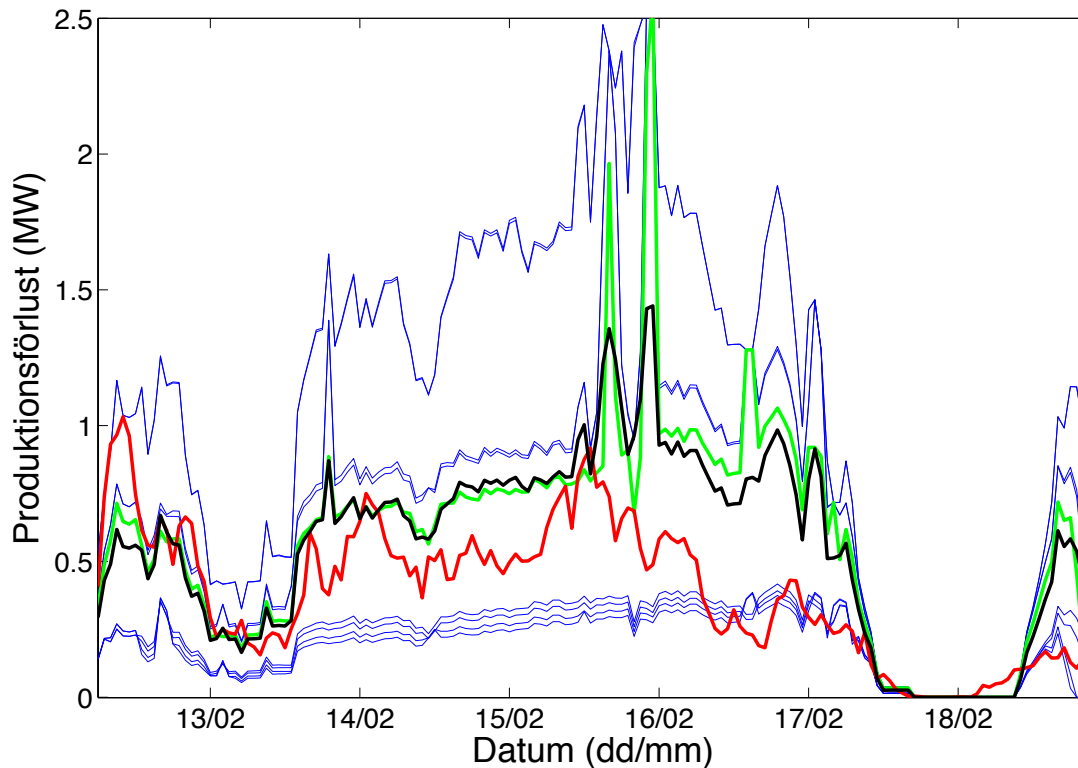
Observationer
Hadamardkörning
Medel Hadamard
Det. körning



UPPSALA
UNIVERSITET

Första steg: “Enkel” deterministisk sampling med Hadamardmatrisen

Exempel 2



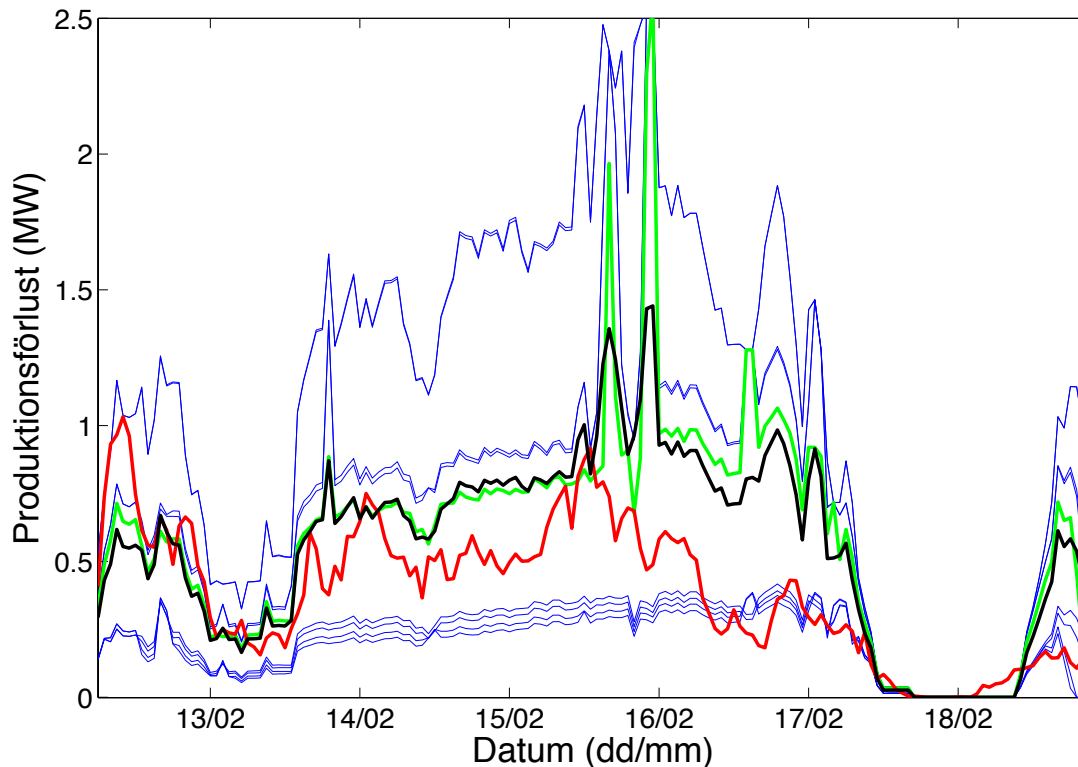
Observationer
Hadamardkörning
Medel Hadamard
Det. körning



UPPSALA
UNIVERSITET

Första steg: “Enkel” deterministisk sampling med Hadamardmatrisen

Exempel 2



Vissa parametrars
osäkerhet har ingen stor
påverkan på resultatet

Observationer
Hadamardkörning
Medel Hadamard
Det. körning

Resultat

Hur mycket påverkar varje enskild parameter?

$$\frac{\partial p_{loss}}{\partial STD}$$

MVD – Droppstorlek

Nu – Nusselt number, påverkar hur bra isen sätts samman

β – Påverkar hur bra snö och graupel fastnar på vingen

- +/- 0.1 MW

IFP – Is faller av vid smältning

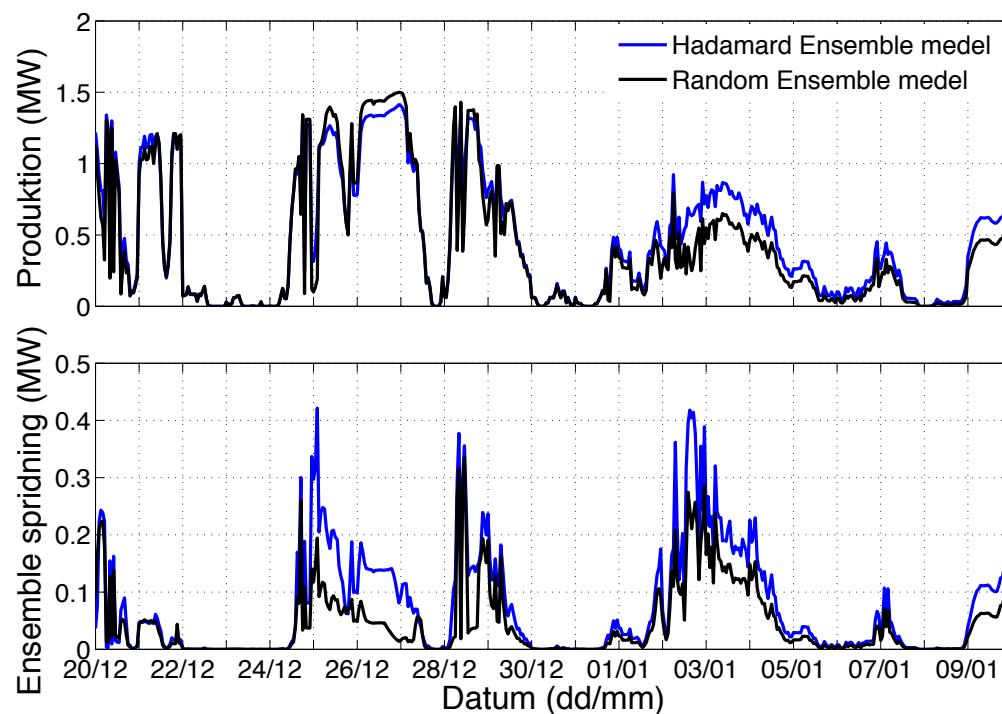
WE – Vinderosion

- Medel ~0.02 MW
- Varierar mycket med station (IFP bara relevant vid $T > 0$)

Resultat

Slumpmässig vs Hadamard

- **Liknande medel och spridning**
- Slumpmässig sampling något lägre spridning – pga. trunkerad osäkerhetsfördelning?
- Ännu bättre med en mer avancerad deterministisk samplingmetod?



Resultat

Förbättrad prognos

Prognosfel RMSE

Station	A	B	C	D
Kontrollmedlem	0.57	0.34	0.31	0.41
Hadamard (Ensemblemedel)	0.35	0.30	0.22	0.34

Resultat

Förbättrad prognos

Prognosfel RMSE

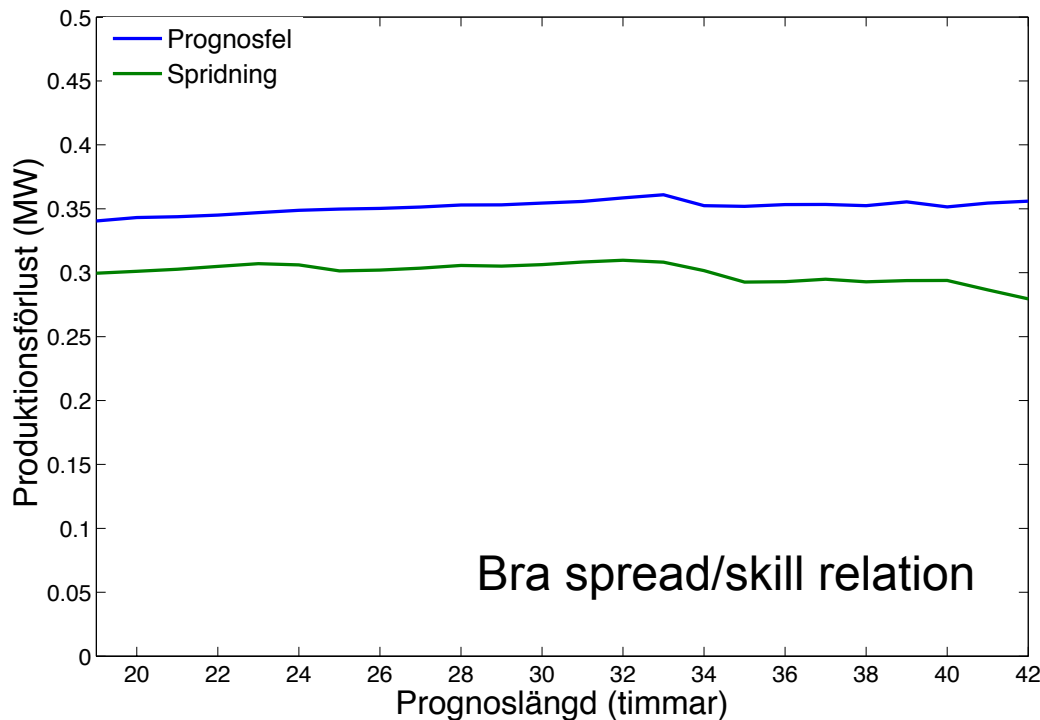
Station	A	B	C	D
Kontrollmedlem	0.57	0.34	0.31	0.41
Hadamard (Ensemblemedel)	0.35	0.30	0.22	0.34

Mycket stor förbättring delvis pga. stort fel i prognosen under en period



Resultat

Kan spridningen användas som osäkerhetsuppskattning?



För stor/orealistisk spridning?

- “Bara” modellfel i ismodellen är med
- Behöver mer validering och mer data

Sammanfattning

- Deterministisk sampling kan användas istället för slumpmässig sampling för att optimera antalet modellkörningar
- En “enkel” deterministisk samplingmetod, hadamard, ger förbättrad prognos
- Med deterministisk sampling kan osäkra parametrars inverkan på resultatet enkelt kvantifieras
- (Metoden har också testats tillsammans med initialtillståndensemble och ger då ännu bättre resultat)



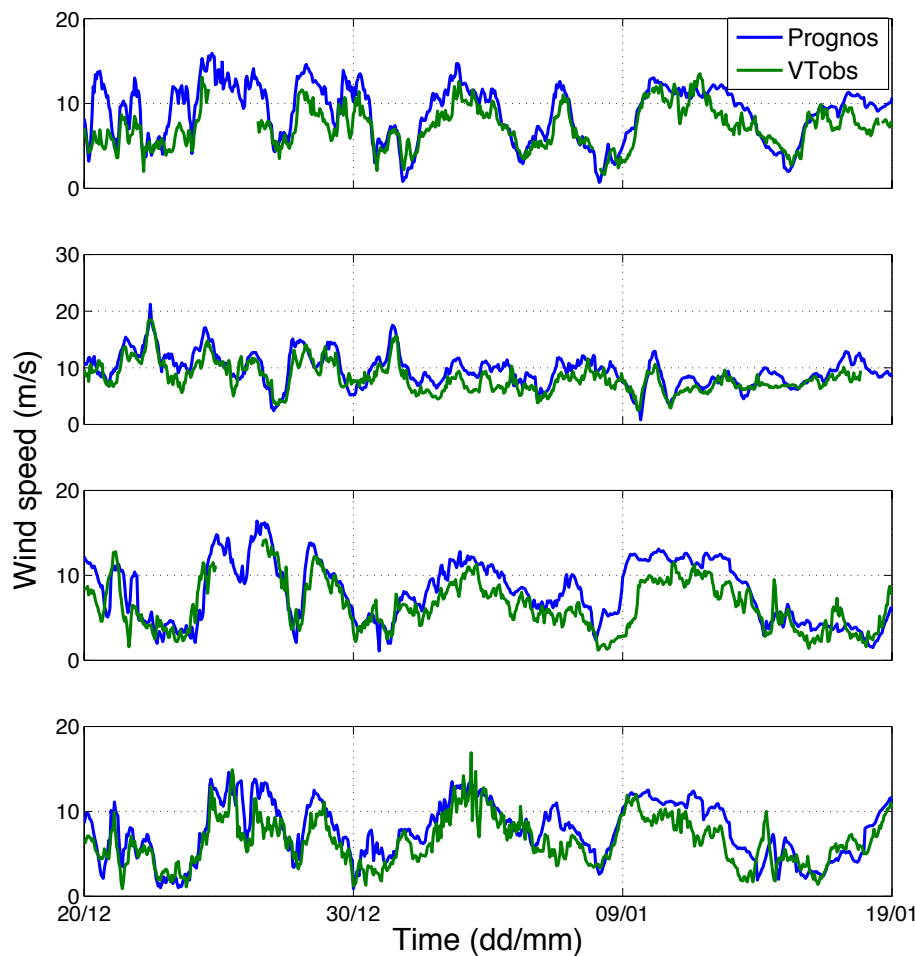
UPPSALA
UNIVERSITET

Tack för att du lyssnade!





Stor bias i vindhastighet



Den observerade potentiella
produktionen blir lägre än
prognosen
⇒ Svårt att validera
produktionen

