

---

# Ny vindstatistik for beregninger i Danmark

---

*Per Nielsen, EMD, 2009-04-03*

## Indholdsfortegnelse

Test og verifikation .....	2
Vindprofiler.....	6
Retningsfordelinger.....	8
Mindre vindmøller .....	9
Efterskrift.....	11

De fleste vindberegnerne i Danmark har siden 1992 anvendt vindstatistikken "Danmark'92" ved vindenergi beregninger i Danmark. Denne vindstatistik er baseret på Beldringe Lufthavn data (Fyn), men er tilknyttet et specielt sæt landsdelskorrektionskurver udviklet af EMD og Intercon i starten af 90'erne baseret på vindmøllers faktiske produktion. Det er primært Vestas 75 kW og Bonus 150 kW møller der har været anvendt til kalibreringen (22-30 m navhøjde).

Der er to væsentlige forhold der gør at vi nu lancerer en ny vindstatistik:

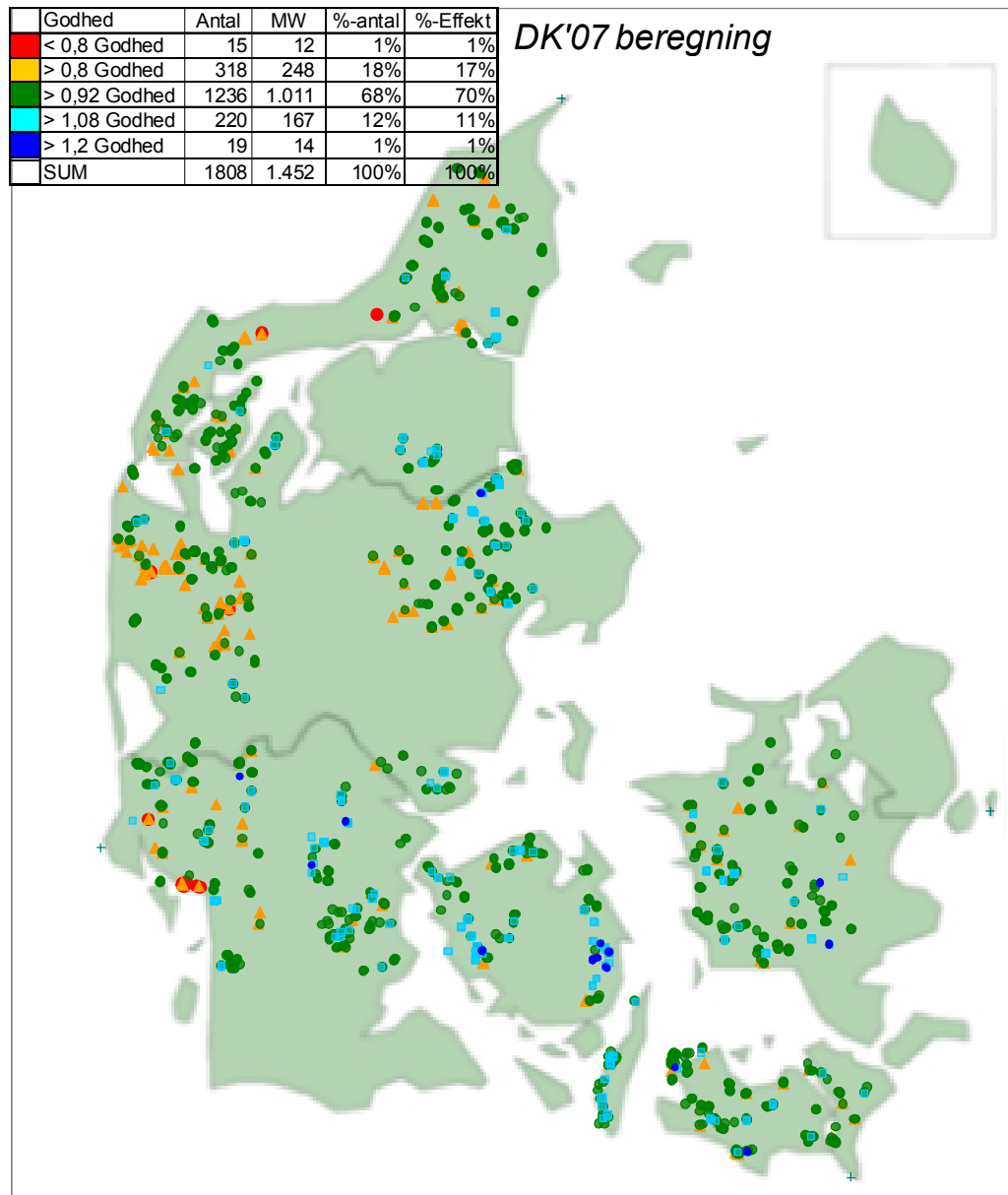
1. Vindenergiindeksniveauet er blevet justeret i 2006 – ca. 7,5% op, dvs. at langtidsforventet produktion for vindmøllerne er justeret 7,5% ned. Dette var baseret på grundige langtidsforventningsanalyser, hvor det kunne konstateres at vindenerginiveauet i perioden 1985-95 lå langt over middel, hvor de efterfølgende 10 år 1996-2006 til gengæld lå noget under middel. Da kalibreringen af landsdelskorrektionskurverne tager udgangspunkt i det "gamle" niveau, skal disse korrigeres.
2. Vindmøllerne er blevet væsentligt højere. Efter mange år med navhøjder sjældent over 45m, er den typiske vindmølle i dag med 80 m navhøjde. Det har stor betydning ved beregning, hvor der er en stor landsdelskorrektion, idet denne blot er en simpel energiskalering. Den korrekte måde at skalere på, når man bevæger sig væk fra den navhøjde, der var udgangspunktet for landsdelskorrektionskurverne, er en vindhastighedsskalering.

Begge disse forhold er der rettet op på i den nye Danmark'07 vindstatistik. Den er fortsat baseret på samme vinddata, men dels skaleret svarende til en energireduktion på 5% (ikke 7,5% som vindindeksniveauet, da nye større møller generelt har vist sig at producere lidt bedre end beregnet når korrektionen er taget i betragtning), dels metodemæssigt omlagt, således at den vindhastighedskorrektion, som fremgår ved den givne landsdelsenergikorrektion for en ruhedsklasse 1

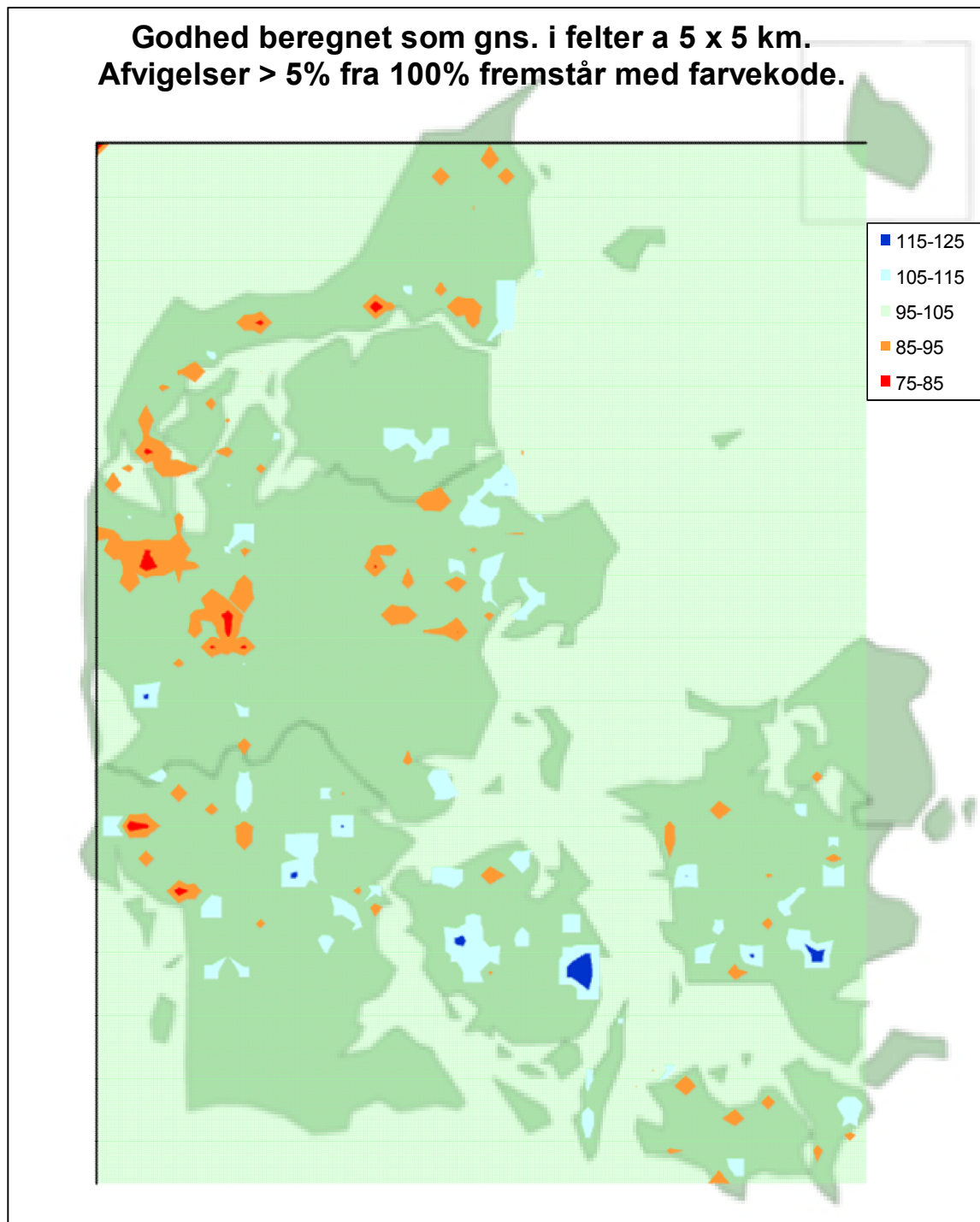
og højde 30m, benyttes for alle andre ruhedsklasser og højder. Denne metodeændring gælder i øvrigt generelt fra WindPRO 2.6, hvor en energiskalering på vindstatistikken anvendes, se manual/opdaterings tillæg for ver. 2.6.

### **Test og verifikation**

Der er testberegnet for et stort antal vindmøller, se kort, hvor kun 600-2500 kW møller er med.



Figur 1 Kontrolbereggede vindmøller (stikprøve) med den nye vindstatistik. 18% overvurderes mere end 8% og 12% undervurderes mere end 8%. I områder med mange møller kan det være vanskeligt på viste kort at vurdere resultat (blå symboler ligger øverst), derfor er en alternativ præsentation vist efterfølgende.



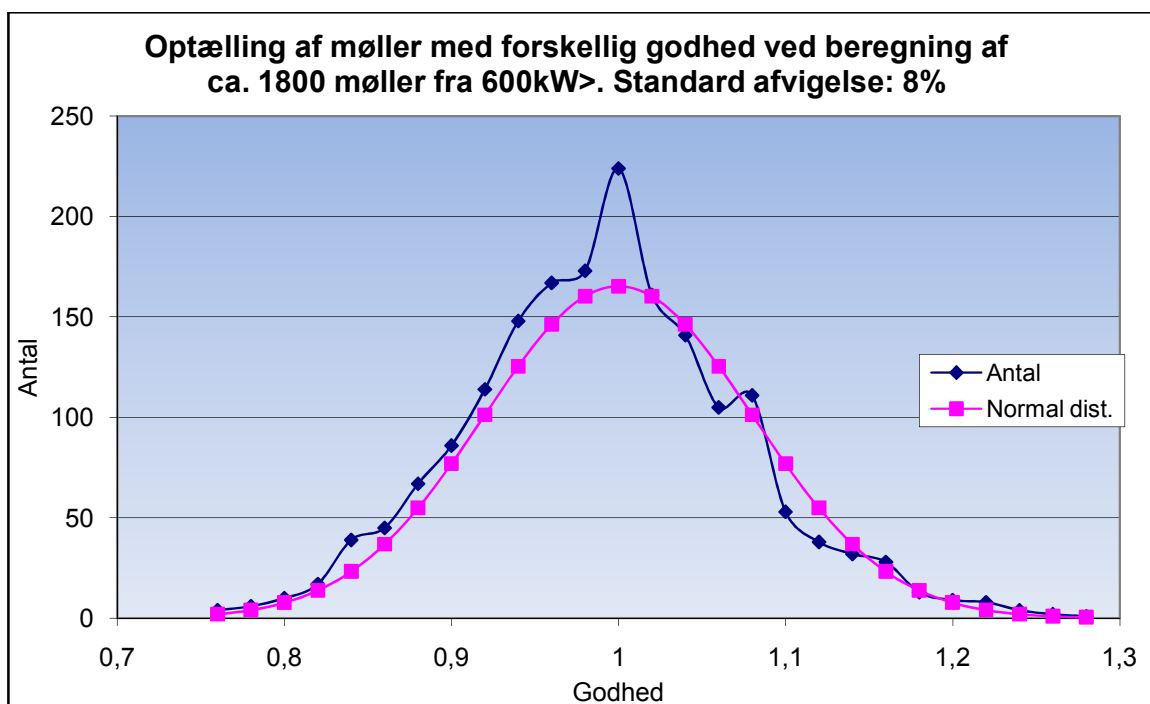
Figur 2 På dette kort fremtræder afvigende områder tydeligt. I de orange/røde områder overvurderes, i de blå undervurderes energiproduktionen ved beregning med ny vindstatistik i forhold til faktisk produktion.

Til kortet på forudgående side kan knyttes en række erfaringskommentarer. Først skal bemærkes, at det ikke er hele landet, der er regnet igennem, derfor er det kun områderne, hvor der er "prikker" på det forudgående kort, der kan vurderes.

Områderne på Fyn, der undervurderes, mener vi kan forklares med at vores ruhedskort har for høje værdier. De blev kalibreret op mod ret få generelt små møller – det var det, der var til rådighed da vi kaliberede (1998) – vi var i øvrigt opmærksomme på, at vi fandt vor kalibrering "kritisk" i dette område.

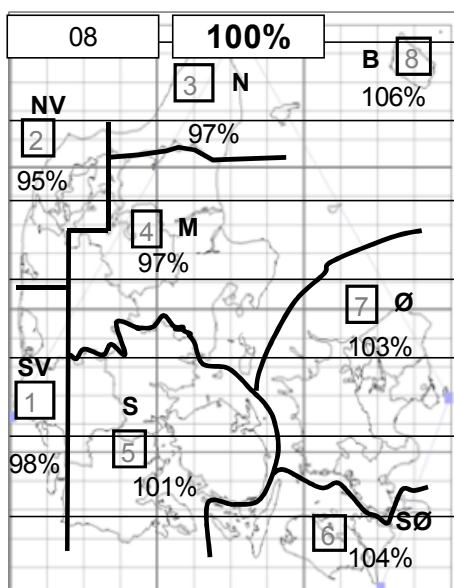
I Østjylland er der ligeledes områder, der undervurderes. Disse mener vi kan forklares med, at det generelt er gode bakkeplaceringer. WASP modellen har en generel tendens til at undervurdere gode bakkeplaceringer (dvs. bløde bakker, mens stejle bakker overvurderes). Vi har set mange eksempler på dette ved opfølgninger på produktionsberegninger i Danmark. Det kan dog heller ikke udelukkes, at en del af forklaringen er mere vind fra øst end vindstatistikken antager. Dette ses der på senere.

I nord/midt Vestjylland er der en række ret store områder hvor der overvurderes. Dette mener vi kan have to forklaringer. 1) Landsdelskorrektionskurverne ligger for tæt (forårsaget af, at de er kalibreret med mindre møller). 2) Der er mange store parker i området, der dels vægter meget i gennemsnit grundet stort mølleantal, dels overvurderes fordi parkmodellen ikke reducerer nok ved store parker. Dette er et problem vi har set ved adskillige store udenlandske parker, og et område der har stor forskningsmæssig bevågenhed. Vort bedste bud på håndtering heraf indtil bedre parkmodeller udvikles er at øge ruhedsklassen inde i parkområdet, ca. med 1-2 klasser afhængigt af hvor tæt møllerne står. Det er dog først ved > 3 rækker på tværs af hovedvindretningen, vi skønner det nødvendigt. Endelig må vi også spørge, om det, at der generelt er mange vindmøller i området, kan have en mesoskala-effekt – altså at mange møller generelt reducerer vindhastigheden?

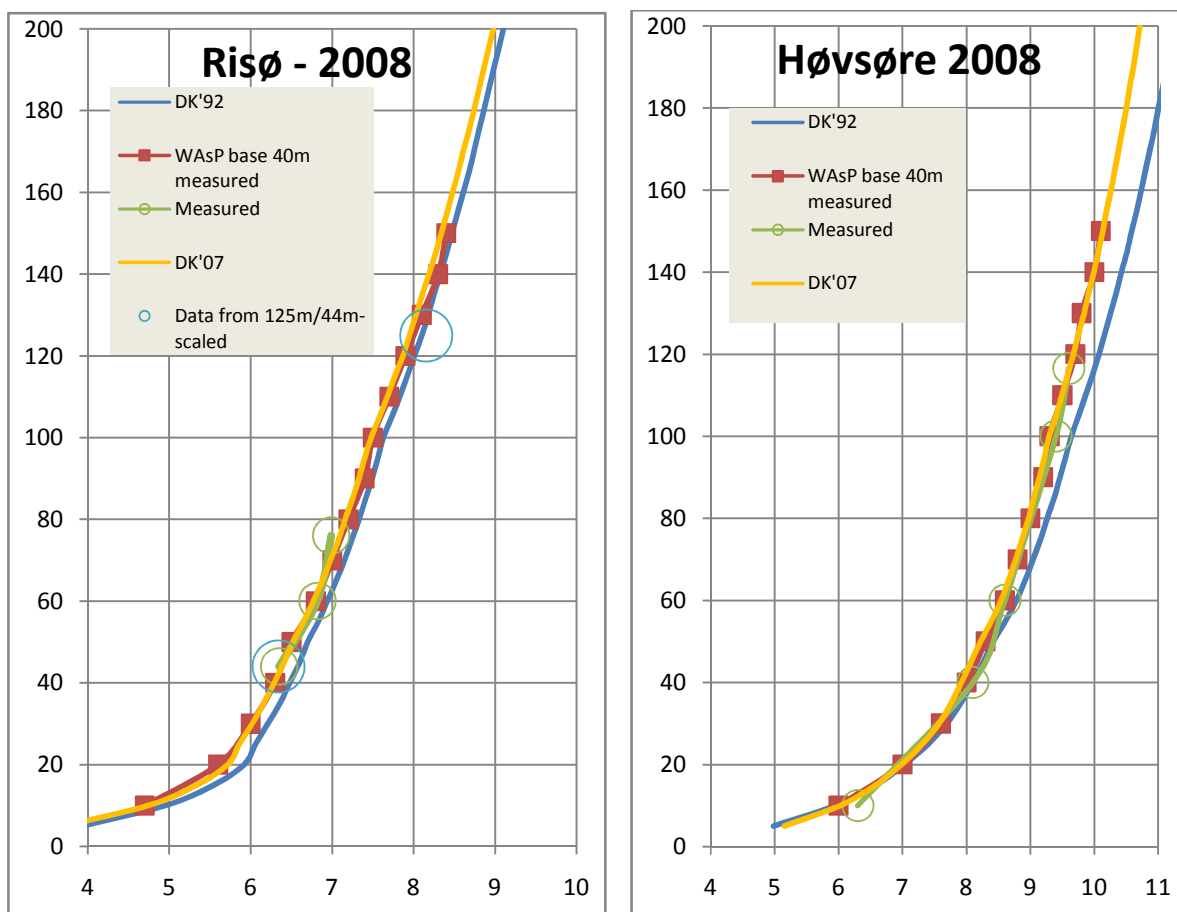


Figur 3 Ca. 1800 vindmøllers beregningsresultat baseret på digitale ruhedskort. Ved individuel ruhedsvurdering/kalibrering med referencemøller forventes spredningen (standard afvigelse) at være væsentlig lavere, max. 5%. Kurven med en normalfordeling med standardafvigelse på 8% er blot for at illustrere, hvor tæt møllernes variation i godhed ligger på en normal fordeling.

## Vindprofiler



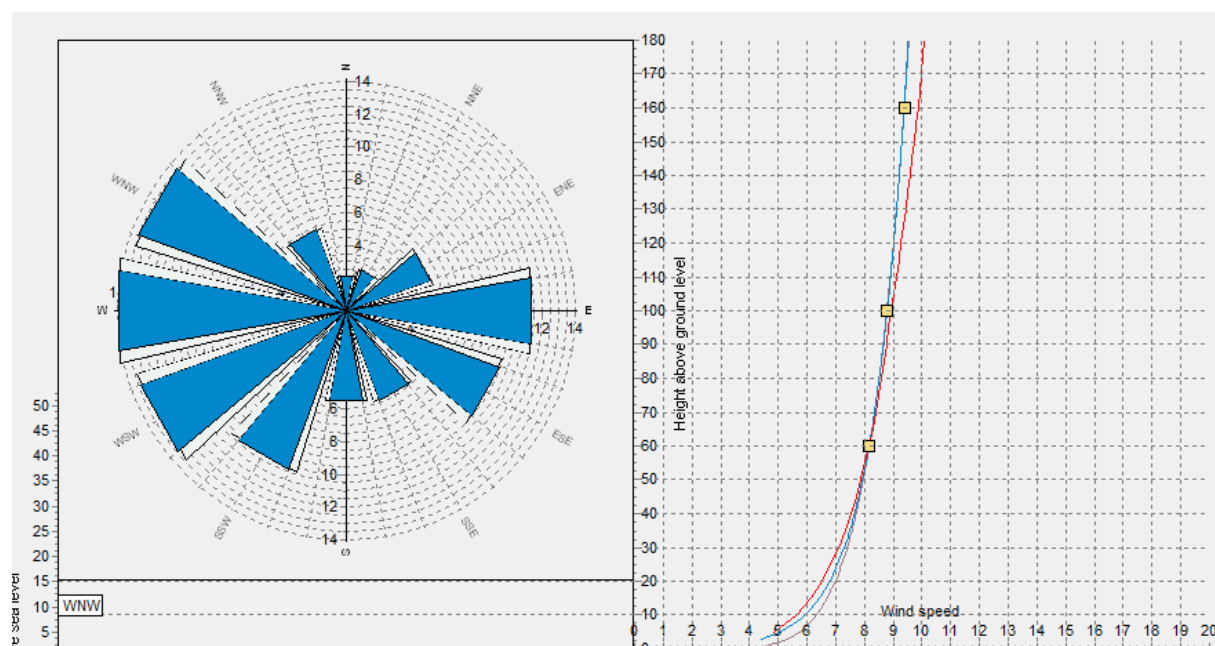
En af de væsentlige forbedringer i den nye vindstatistik er omlægning fra energiskalering til vindhastighedsskalering. Effekten heraf ses tydeligt i vindprofil fra Høvsøre masten vist efterfølgende. Den anden effekt, vindindeks-skaleringen, ses af Risø masten. Grunden til at prøve at reproducere målinger i stor højde er, at sikre at den nye vindstatistik håndterer store navhøjder korrekt. Vi har valgt at se isoleret på 2008 data, da disse dels har været meget komplette for de to målemaster, dels at 2008 var meget tæt på et normalt vindår (se grafik til venstre) med gennemsnits vindenergiindeks for de enkelte regioner.



Figur 4 Risø og Høvsøre målinger op til hhv. 125 m og 116 m.

For Risø masten, med målinger i 44, 60 og 76m, er forskellen mellem beregning med DK'92 og DK'07 primært den energiforskydning, der skyldes vindindeksjusteringen. De røde punkter viser WAsP beregningen ud fra måledata i 44 m højde (Risø) og 40m (Høvsøre). De grønne cirkler er selve målingerne. De to kurver er hhv. beregninger med DK'92 (blå) og DK'07 (orange). For Risø masten ses lidt lavere måling i 76m end der beregnes, hvilket er "bekymrende". Derfor har vi suppleret med ældre data, hvor der også blev målt i 125 m højde. Det fremgår, at det beregnede profil forudsiger målinger meget præcist, også op til 125 m højde.

For Høvsøre masten, med målinger i 10, 40, 60, 100 og 116 m, reproduceres målinger også perfekt helt op til 116 m højde med DK'07, mens DK'92 markant overvurderer vindforholdene i stor højde. Der måles også på Høvsøre i 80m, her var dog problemer med datakvaliteten, og der måles desuden op til 160m, dog på en anden mast, der er en del influeret af vindmøllerne på prøvestationen, dog kun i nord-syd retning, som er sjælden. Disse målinger indikerer en vis overvurdering i 160 m højde (se næste graf).

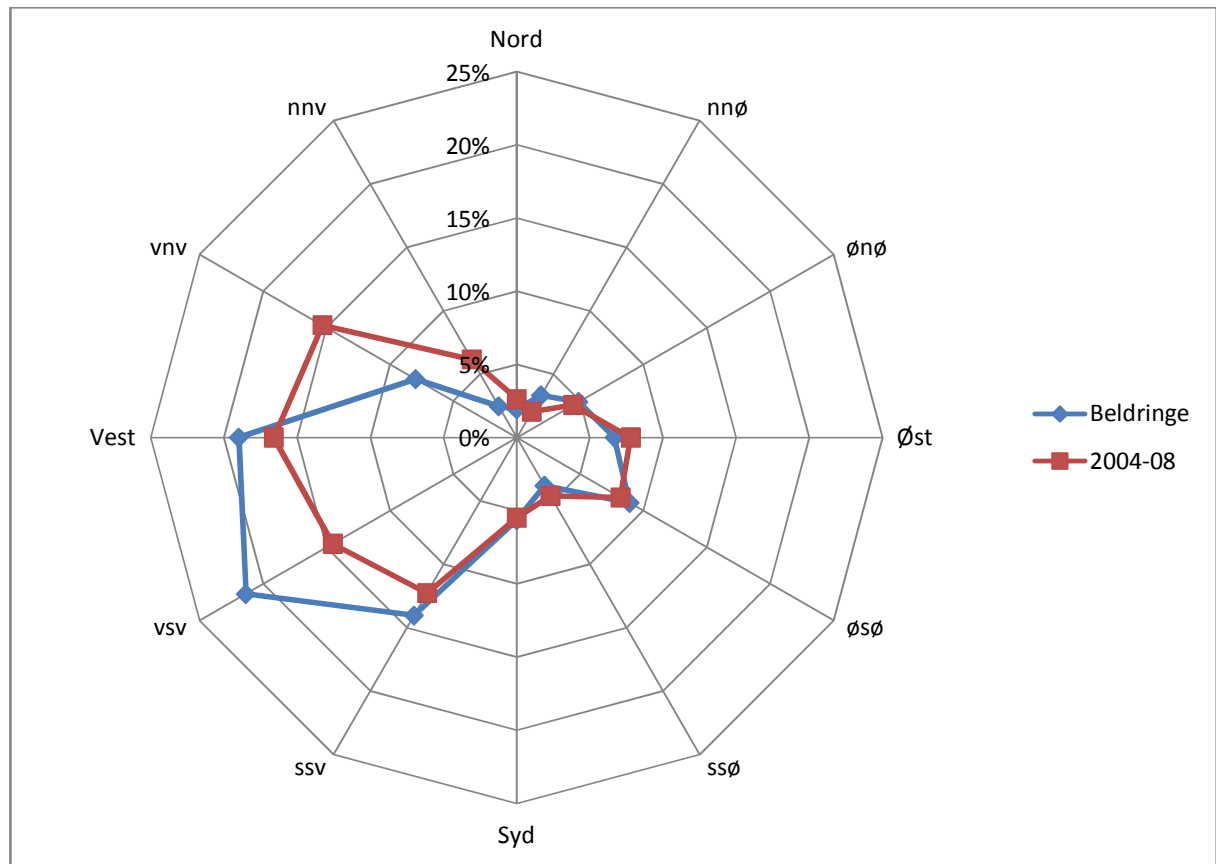


Figur 5 Beregnet profil med WAsP (rød linie) baseret på 44 m højde, regnet op til 160m, viser en overprediktion med WAsP på omkring 0,7 m/s (hvilket er meget), men forklaringen kan være at finde i datakvaliteten, der her ikke er analyseret til bunds. Masten står mellem 2 vindmøller i hhv. nord-syd retning, men da disse retninger udgør en meget lille del af datasættet kan dette næppe forklare overprediktionen i 160m højde.

## Retningsfordelinger

Hvorvidt retningsfordelingen i en vindstatistik er korrekt, kan være afgørende for en præcis beregning. Der er i DK'07 IKKE ændret på retningsfordelingen i forhold til DK'92. Dette ville kræve yderligere data og analyser (og tid!). Vi har dog set på erfaringer fra generering af vindenergiindeks de seneste år og sammenlignet med vindstatistikken. Konklusionen er, at der er mere nordvest-vind og mindre sydvest-vind i Danmark som gennemsnit – men fra andre data vi gennem årene har set, mener vi det især er i Nord og Vestjylland denne drejning er markant, mens der for Sjælland/Fyn/Sønderjylland vurderes, at Beldringe er rimelig repræsentativ.

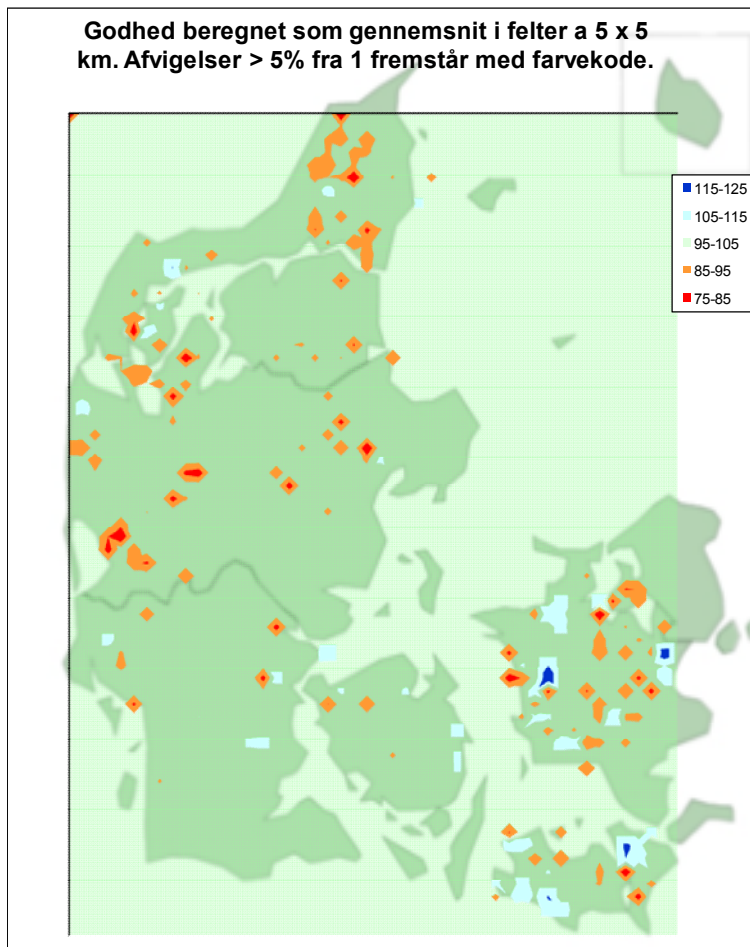
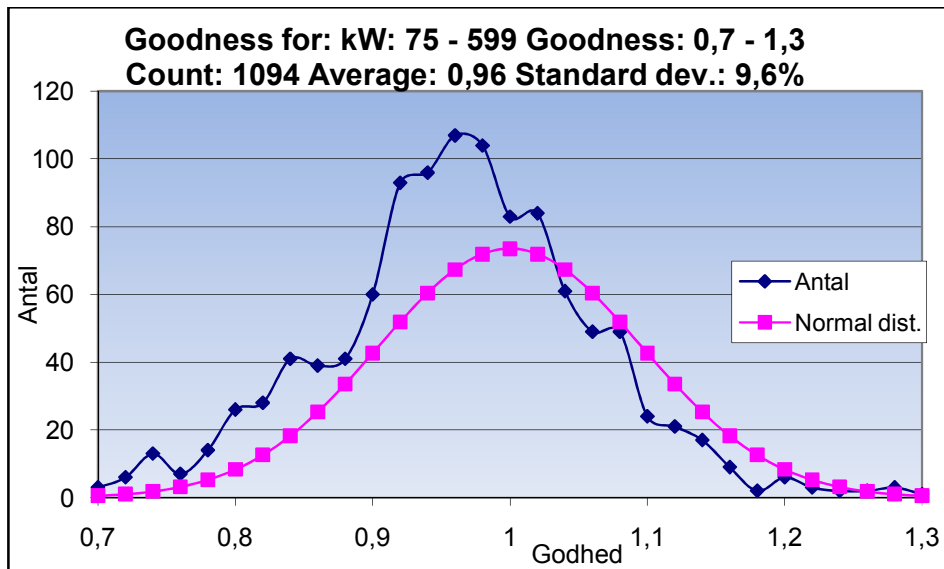




Figur 6 Energi retningsfordeling for Beldringe (= DK'92 & DK'07) samt målt retningsfordeling som gennemsnit for 3 målestationer, Risø, Kegnæs og Høvsøre for de seneste 5 år. Der er markant mere NV-vind og mindre SV-vind i perioden.

### Mindre vindmøller

For møller mindre end 600 kW, ser resultaterne lidt anderledes ud, her blot vist med to grafikker:



De mindre vindmøller, her fra 75kW til 599 kW, beregnes i gennemsnit 4% for højt med DK'07, og standardafvigelsen vokser fra 8% (for 600kW+) til knap 10%. Det er især på Sjælland, der er en stor variation, formodentlig grundet generelt højere bevoksning, som de mindre møller er meget følsomme for. Bakker spiller nok også ind – dem der undervurderes står utvivlsomt på gode bakkeplaceringer. I det ”flade Jylland”, overvurderes generelt mange steder. Det skal dog med, at 58% af alle de mindre møller rammer indenfor +/- 8% og kun 8% falder udenfor +/-20%, og at disse meget vel kan skyldes fejl i datagrundlaget eller problemer med møllerne.

## Efterskrift

Vi mener, at det giver en markant forbedring ved beregninger af vindmølleproduktion i Danmark at skifte fra Danmark'92 til Danmark'07. Der er dog et par væsentlige forhold at gøre opmærksom på:

Den er til anvendelse ved større vindmøller, fra ca. 40 m navhøjde. Mindre møller beregnes erfaringsmæssigt for optimistisk, men det er formodentlig mere et metodeproblem end egentligt vinddataprobem. (Terrænmodelleringsproblem).

Retningsfordelingen er problematisk i Nord – og Vestjylland, hvor der vurderes at være væsentlig mere vind fra nordvest og mindre vind fra sydvest. Det kan have konsekvenser for optimering af layout samt vurdering af laster som følge af waketurbulens.

Det anbefales i alle tilfælde at kontrolberegne eksisterende vindmøller i nærområdet og anvende disses resultater til efterkalibrering af resultatet. Dette kræver imidlertid stor omhu!