



## Analyse: Nedtagning af gamle landmøller

10. maj 2016  
CVT/DGR

### 1. Baggrund

Levetiden for den gamle landmøllekapacitet har stor betydning for Energinet.dk, da gamle landmøller stiller specielle eltekniske krav, som der skal tages højde for i den fremadrettede planlægning af eltransmissionsnettet og fremskaffelse af systembærende egenskaber. Tidligere har man typisk sat levetiden for landmøller til 20 år, men den historiske udvikling peger på, at den gennemsnitlige levetid er væsentligt længere. Dette skyldes blandt andet, at de gamle landmøller antages ikke at have FRT egenskaber (Fault Ride Through<sup>1</sup>). Levetiden har ligeledes betydning for at kunne udarbejde robuste analyseforudsætninger for den fremadrettede, samlede vindkapacitet i Danmark. Energinet.dk er meget afhængig af stærke analyseforudsætninger i udviklingen og driften af eltransmissionsnettet. Af disse årsager har Energinet.dk udarbejdet denne analyse.

Ultimo december 2015 var der i Danmark 3.787 MW (4.357 stk.)<sup>2</sup> aktive landmøller<sup>3</sup>. Af disse er ca. 2/3 af kapaciteten (2.425 MW) eller ca. 90 pct. af antallet (3.864 stk.) installeret før 2008. Disse møller fra før 2008 kaldes her i analysen for de gamle landmøller. I praksis er de gamle landmøller næsten ensbetydende med møller fra før 2003, da der i årene 2003 til og med 2007 stort set ikke blev installeret landmøller i Danmark.

- <sup>1</sup> "Fault Ride Through" egenskaber på nyere vindmøller forhindrer, at vindmøllen på grund af at et kortvarigt spændingsdyk (fx en kortslutning) bliver koblet fra nettet, hvilket kan føre til en kædereaktion med yderligere spændingsdyk, hvor andre enheder uden "Fault Ride Through" egenskaber også bliver koblet af.
- <sup>2</sup> Data for kapaciteter og antal møller er fra Energistyrelsens offentlige stamdataregister ultimo december 2015 (offentliggjort 22. januar 2016). Der kan i senere udgaver af stamdataregisteret være mindre korrektioner tilbage i 2015. Disse vil dog være så små, at de ikke har betydning for resultaterne.
- <sup>3</sup> Landmøller er i denne analyse defineret som vindmøller opstillet på land med en kapacitet på mere end 25 kW. Møller på 25 kW og mindre defineres normalt som husstandsmøller, der, jf. stamdataregisteret ultimo december 2015, udgør 903 stk. med en samlet kapacitet på blot 11,7 MW.

Frem til ultimo 2015 er der blot nedtaget 467 MW (2.673 stk.) af de gamle landmøller, der er installeret fra slutningen af 1970'erne frem til 2008. Størstedelen af nedtagningen fandt sted under forskellige skrotningsordninger i perioden 2002 til og med 2011 (ca. 350 MW). Siden skrotningsordningernes ophør – primo 2012 – er der frem til ultimo 2015 kun nedtaget 109 MW gamle landmøller, hvoraf langt størstedelen er nedtaget for at gøre plads til nye vindmøller (såkaldt repowering).

Fra primo 2012 til ultimo 2015 er kapaciteten af aktive gamle landmøller med en alder over 20 år vokset fra 117 MW til 251 MW. I perioden blev blot 28 MW landmøller med en alder over 20 år nedtaget. Heraf ca. halvdelen på grund af repowering. Den historiske udvikling antyder således kraftigt, at gamle landmøller forbliver i drift væsentligt længere end 20 år, hvis ikke der er et direkte incitament til at tage dem ned som fx en skrotningsordning eller nye landmølleprojekter.

Spørgsmålet er derfor: Hvornår kan de gamle landmøller forventes nedtaget?

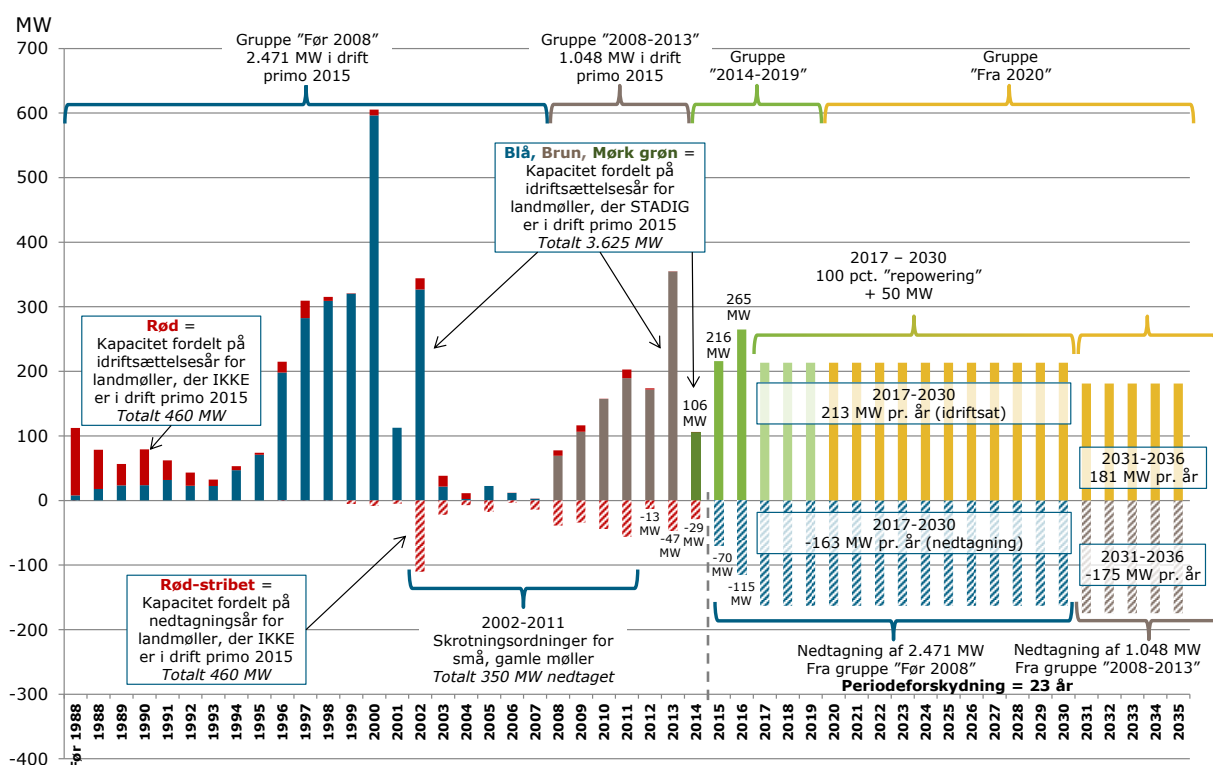
Analysen viser, at specielt de gamle landmøller på 600 kW og derover, der står på placeringer med bare nogenlunde vindressourcer (over 1.600 fuldlasttimer om året), kan forventes at blive stående mange år endnu. Denne gruppe udgør over 75 pct. af kapaciteten for de gamle landmøller og har i dag en gennemsnitsalder på ca. 16 år. De møller fra "75 pct.-gruppen", der ikke bliver nedtaget for at sætte nye og større møller op på samme placering (repowering) forventes i gennemsnit at få en levetid på knap 30 år fordelt over en jævn nedtagning fra ca. 2022 til og med ca. 2035.

Frem til 2022 forventes under 20 pct. (ca. 430 MW) af de gamle landmøller at blive taget ned.

## **2. Forventet udvikling i fremskrivninger**

Tidligere antog både Energistyrelsen og Energinet.dk en teknisk levetid på 20 år for landmøller, hvorfor den gamle landmøllekapacitet i fremskrivninger beregningsteknisk blev fjernet 20 år efter nettilslutning. Dette betød, at de store årlige variationer i installeret effekt, som de ses på Figur 1 i tidligere fremskrivninger gentog sig i form af nedtagning 20 år forskudt. Fx blev de knap 1.800 MW landmøller, der blev installeret i de store årgange fra 1996 til og med 2000, således til en tilsvarende markant nedtagning af landmøller i årene 2016-2020.

Som beskrevet i forrige kapitel, er det siden skrotningsordningens afslutning ultimo 2011 blevet stadig mere tydeligt, at de gamle møller typisk forbliver i drift langt forbi deres 20-års fødselsdag, hvis ikke de bliver nedtaget på grund af en skrotningsordning eller for at frigøre areal til nye møller.



Figur 1 Historisk og forventet udvikling i landmøllekapacitet i Energinet.dk's analyseforudsætninger 2015.

I Energinet.dk's analyseforudsætninger har man derfor over de seneste år forsøgt at lave en mere realistisk udfasning. I analyseforudsætningerne for 2015 (AF2015) blev den forventede middellevetid for eksisterende landmøller dels forlænget til 23 år – og dels blev det forventede nedtagningsår periodevist udglattet, så gamle møller fra før 2008, der stadig stod primo 2015, blev udfaset jævnt frem til og med 2030<sup>4</sup>. Dette medførte i AF2015 et jævnt udfasningsforløb af de gamle møller på godt 160 MW om året fra 2017 frem til og med 2030 (se Figur 1).

Metoden med et jævnt udfasningsforløb af gamle landmøller har i forhold til analyseforudsætningerne tidligere været vurderet tilstrækkeligt og tilpas enkelt i forhold til de mange andre usikkerheder, der er i fremskrivninger. Specielt i forhold til Energinet.dk's netplanlægning har der dog vist sig et behov for en mere detaljeret prognose af nedtagningen af de gamle landmøller fra før 2008. Dette mere detaljerede nedtagningsforløb, som er resultatet af nærværende analyse, er ligeledes blevet indarbejdet i analyseforudsætningerne for 2016.

For at kunne udarbejde et mere detaljeret nedtagningsforløb af de gamle landmøller, er der først lavet vurderinger på økonomien i at fortsætte driften af landmøller, der er over 20 år.

### 3. Hvad sker der, når støtten efter 20 år udløber?

Landmøller, som er installeret før 2008, er på mange forskellige, tidligere støtteordninger. Det overordnede princip på tværs af de forskellige gamle støtteord-

<sup>4</sup> 2030 er 23 år efter 2007, der var sidste installationsår i gruppen af gamle møller.

ninger er en forholdsvis høj indledende støtte pr. produceret kWh i op til 10 år, og herefter en væsentligt lavere støtte på typisk 10 øre/kWh indtil møllerne er 20 år gamle, hvorefter de skal klare sig på markedsvilkår<sup>5</sup>.

Som det ses på Figur 1 blev de gamle møller især idriftsat i årene fra 1995 til 2000/2002. I de kommende år frem til 2020/2022 bliver størstedelen af de gamle møller således 20 år og skal herefter klare sig helt uden støtte.

I en periode med meget lave elpriser, som det er tilfældet i disse år, kan det for en mølle over 20 år uden støtte tage flere år at indtjene udgiften til en større reparation af fx gear, generator eller vinger. For små møllelaug og individuelle ejere med en lille portefølje kan det være behæftet med stor usikkerhed, om det kan svare sig at foretage en større reparation. Indtil videre er disse økonomisk usikre gamle møller kun i meget begrænset omfang blevet nedtaget, men i stedet solgt til videre drift.

I de seneste år har der således været en tydelig tendens til at gamle møller bliver opkøbt og konsolideret i mindre og mellemstore professionelle selskaber, der har specialiseret sig i at drive gamle møller. Disse selskaber har ofte deres egne servicefolk og god adgang til billige, brugte reservedele fra nedtagne møller. Nogle har desuden specialiseret sig i enkelte møllemodeller. De professionelle selskaber kan derfor typisk drive de gamle møller langt billigere end landmanden eller det lille møllelaug, der ejer en enkelt eller ganske få møller.

Gennem samtaler med brancheeksperter og analyse af den historiske nedtagning af gamle landmøller, vurderes det, at en stor del af den gamle landmøllekapacitet kan vedligeholdes og drives rentabelt i mange år, efter møllernes støtte er udløbet 20 år efter idriftsættelse. Denne vurdering er dog stærkt afhængig af de kommende års udvikling i elprisen og vindens afregningspris.

I de seneste år har elprisen i hele Norden været faldende med et historisk lavt niveau i 2015 med en middelpriis på 17-18 øre/kWh og en gennemsnitlig afregningspris for vind omkring 15-16 øre/kWh<sup>6</sup>.

Den overordnede vurdering af, at en stor del af den gamle landmøllekapacitet vil blive stående mange år frem, beror på en forventning om, at elprisen ikke falder til et generelt endnu lavere niveau. På tværs af de fleste elprisfremskrivninger forventes ved normale vind- og vandforhold i Norden et elprisniveau i de kommende år omkring det nuværende, måske en smule stigende de sidste år frem mod 2020. Fra ca. 2020 forventes elprisen at få en let stigende udvikling.

Hvis elprisen mod forventning fortsætter med at falde yderligere i en årrække i forhold til 2015 og nærmer sig en gennemsnitlig årlig vindafregningspris på ca. 10-12 øre/kWh, så vil støttefri vindmøller over 20 år formentlig have svært ved at forblive i drift, når der kommer store vedligeholdelsesudgifter.

<sup>5</sup> De fleste landmøller har tidligere, ud over selve støtten, fået 2,3 øre/kWh i godtgørelse til balanceomkostninger i hele levetiden, men pr. 1. januar 2016 er balancegodtgørelsen for møller over 20 år faldet væk.

<sup>6</sup> Den gennemsnitlige årlige afregningspris for vind ligger typisk 10-15 pct. under den gennemsnitlige årlige elpris, da elprisen alt andet lige er lavere, når det blæser meget, og eludbuddet i Danmark og vore elforbundne nabolande derfor er stort.

## 4. Primære faktorer for gamle landmøllers driftsomkostninger

Ideelt vil en analyse af restlevetiden for den gamle landvind indeholde en kategorisering af de gamle landmøller ud fra faktiske driftsomkostninger, scrapværdi<sup>7</sup> og de professionelle driftsselskabers forrentningskrav og holde dette op mod forskellige udviklinger i den (forventede) fremadrettede afregningspris.

Da det ikke er praktisk muligt at kortlægge disse faktorer, er denne analyses ambition at opsplitte de gamle landmøller i flere underkategorier, der kan tillægges forskellige forventede restlevetider. Dette vil give et mere detaljeret – og forventeligt mere retvisende – nedtagningsforløb for de gamle landmøller end blot at antage et fast antal leveår med en periodevis udglatning.

Ud fra interne analyser og dialog med brancheeksperter vurderes det, at særligt to faktorer er afgørende for, hvor længe de gamle møller lever efter deres 20. år, nemlig størrelsen og placeringen.

### Størrelsen

De ældste af de gamle møller er relativt små. Der står stadig mange møller med en kapacitet helt ned til 150 og 225 kW. Disse møller har vist sig ganske sejlivede, men på grund af den lave kapacitet er driftsomkostningerne pr. kWh typisk væsentligt højere end for de større møller. Disse møller vil formentlig have svært ved at klare sig i mange år uden støtte ved lave elpriser. Desuden er der i nogle lande meget favorable støttevilkår for de helt små landmøller, hvorfor de har en relativt høj scrapværdi.

De større møller fra 600 kW og op, og som udgør langt den største kapacitet af de gamle møller, har væsentligt lavere driftsomkostninger pr. kWh. Det store antal af denne størrelse landmøller medfører desuden, at der fremadrettet kan forventes god adgang til brugte reservedele. De professionelle driftsselskaber vil formentlig holde disse møller i drift i mange år fremover, hvis ikke elpriserne – og elprisforventningerne – falder yderligere i forhold til i dag.

### Placeringen

Økonomien i de gamle møller afhænger naturligt også af vindressourcen på deres placering og dermed deres produktion, som kan måles i årlige fuldlasttimer. De gamle møller på mindre gode placeringer er dobbelt belastet af et lavt antal årlige fuldlasttimer. Dels producerer de ikke så meget, og dels producerer de næsten kun i de timer, hvor alle andre vindmøller i Danmark (og Nordtyskland) kører for fuld kraft, og elpriserne derfor typisk er ekstra pressede. Antallet af årlige fuldlasttimer vurderes dog at have mindre betydning end kapaciteten på møllen i forhold til restlevetid.

Efter de gamle landmøller er blevet 20 år og ikke længere får støtte, har selve alderen af møllen formentlig kun en mere sekundær betydning. Ved jævnlig renovering og vedligehold kan møllerne fysisk holde meget længe. Alderen har dog en indirekte effekt i form af størrelsen på møllen og i form af antallet af møller af samme model, hvilket har betydning for driftsomkostningerne.

<sup>7</sup> Værdien som den nedtagne vindmølle kan realiseres til (fx videresalg eller skrot).

## 5. Kategorisering af de gamle landmøller

De ca. 2.425 MW gamle landmøller fra før 2008, som stadig kører ultimo 2015, kan operationelt opdeles i underkategorier for bedre at vurdere, hvor længe de fortsætter. Den her foreslåede kategorisering bygger på de vurderede vigtigste faktorer – størrelsen og placeringen (fuldlasttimer) – som afgørende for, hvor længe møllerne forbliver i drift.

Kategori 2		Kategori 4	
Størrelse	< 600 kW	Størrelse	>= 600 kW
Fuldlasttimer	>= 1.800 timer	Fuldlasttimer	>= 1.600 timer
Kapacitet	158,9 MW	Kapacitet	1.869,3 MW
Antal	662 stk.	Antal	2.378 stk.
Middelalder (primo 2016)	22 år	Middelalder (primo 2016)	16 år
Middellevetid	27 år (primo 2021)	Middellevetid	29 år (primo 2029)
Nedtagningsperiode	+ - 5 år	Nedtagningsperiode	+ - 7 år

Kategori 1		Kategori 3	
Størrelse	< 600 kW	Størrelse	>= 600 kW
Fuldlasttimer	< 1.800 timer	Fuldlasttimer	< 1.600 timer
Kapacitet	148,5 MW	Kapacitet	248,5 MW
Antal	531 stk.	Antal	293 stk.
Middelalder (primo 2016)	22 år	Middelalder (primo 2016)	16 år
Middellevetid	25 år (primo 2019)	Middellevetid	27 år (primo 2027)
Nedtagningsperiode	+ - 3 år	Nedtagningsperiode	+ - 7 år

Figur 2 Kategorisering af de gamle landmøller efter størrelse og fuldlasttimer.

### Forklaringer til figur 2

- 600 kW er valgt som skillelinje på størrelse ud fra et kvalificeret skøn og dialog med brancheeksperter.
- Skillelinjen for fuldlasttimer i kategorierne 3 og 4 er sat lidt lavere (1.600 timer) end i kategorierne 1 og 2 (1.800 timer), da antallet af fuldlasttimer vurderes at have lidt lavere betydning ved større møller.
- Middellevetiden og nedtagningsperioden er sat ud fra et kvalificeret skøn og dialog med brancheeksperter.
- Der er valgt en nedtagningsperiode med jævn nedtagning på +- 3 til +- 7 år i forhold til middellevetid. For kategorierne 1 og 2 er nedtagningsperioden valgt, så nedtagningsperioden starter primo 2016.
- For den store kategori 4 er der i de resulterende nedtagningsforløb (se næste afsnit) desuden indregnet en ekstra årlig nedtagning startende i 2016 på 25 MW i forhold til "hurtig repowering".

Valg af skillelinje for størrelse, antal af fuldlasttimer og valg af middellevetid og længde af nedtagningsperiode er en skønsmæssig vurdering ud fra en forventning om en vindafregningspris omkring nuværende niveau frem til 2020, hvorefter både elpris og vindafregningsprisen forventes at stige til et lidt højere niveau. Forventningerne til middellevetid er meget følsomme over for vindafregningsprisen.

## 6. Konklusion: Nye nedtagningsforløb for de gamle landmøller med længere levetid

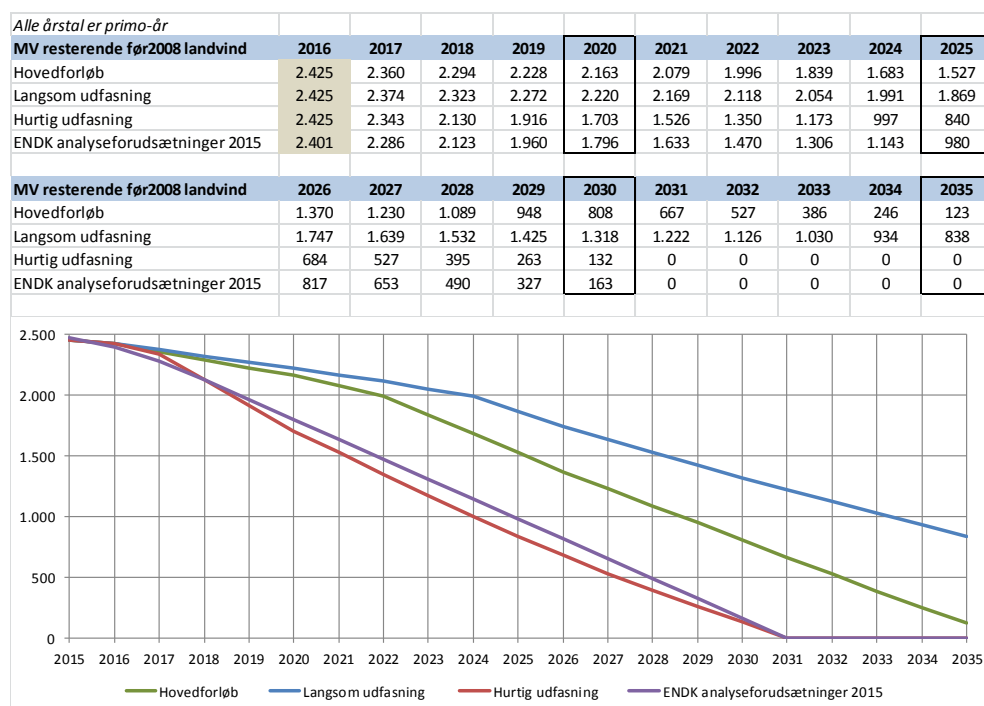
Der er i denne analyse udarbejdet tre nedtagningsforløb for de gamle landmøller.

- Et **hovedforløb**, som afspejler en elprisudvikling som forventet i Energinet.dk's analyseforudsætninger for 2016 (AF2016).
- En **langsom udfasning**, der afspejler lidt højere priser end i AF2016
- En **hurtig udfasning**, hvor de lave elpriser fra 2015 i Danmark fortsætter på samme eller endda lidt lavere niveau de næste mange år.

Der er kun varieret på forventet middelalder og længden af nedtagningsperioden i de forskellige forløb. I Tabel 1 ses de anvendte aldersvariabler i de forskellige nedtagningsforløb. De resulterende kapaciteter sammenlignes i Tabel 2 med AF2015. Hovedforløbet for nedtagning de gamle landmøller er brugt i AF2016<sup>8</sup>.

	Hovedforløb	Langsom udfasning	Hurtig udfasning
Kat. 1 – Levetid Små møller; lav FLH	25 år (primo 2019) +3 år	27 år (primo 2021) +5 år	24 år (primo 2018) +2 år
Kat. 2 – Levetid Små møller; høj FLH	27 år (primo 2021) +5 år	29 år (primo 2023) +7 år	26 år (primo 2020) +4 år
Kat. 3 – Levetid Større møller; lav FLH	27 år (primo 2027) +7 år	32 år (primo 2032) +10 år	22 år (primo 2022) +5 år
Kat. 4 – Levetid Større møller; høj FLH "Hurtig repowering"	29 år (primo 2029) +7 år 25 MW pr. år	34 år (primo 2034) +10 år 25 MW pr. år	24 år (primo 2024) +7 år 25 MW pr. år

Tabel 1 Oversigt over aldersvariabler i de forskellige forløb.



Tabel 2 Udvikling i kapacitet af gamle landmøller i de forskellige forløb.

<sup>8</sup> I AF2016 er hovedforløbet dog modificeret med en jævn, forceret udfasning fra primo 2026 til 2033 for at passe sammen med metoden for nedtagning af efterfølgende aldersgrupper af landvind i AF2016, der nedtages 25 år forskudt.

Som det fremgår af Tabel 1 og Tabel 2 med tilhørende figur, lever de gamle landmøller væsentligt længere i hovedforløbet i denne analyse end forventet i AF2015. I perioden fra 2022 til 2032 er der således i hovedforløbet 500–700 MW ekstra gammel landvind i forhold til AF2015.

Specielt kan det bemærkes, at der i hovedforløbet kun forventes nedtaget en begrænset andel (under 20 pct.) i årene frem til 2022.

Analysen er behæftet med betydelig usikkerhed – ikke mindst som følge af usikkerheden omkring udviklingen i elprisen og vindafregningsprisen i de kommende år. Der må dog forventes større sikkerhed omkring rækkefølgen af nedtagningen, så de tre kapacitetsmæssigt mindre grupper (kategorierne 1-3 i Tabel 1) generelt kan forventes nedtaget før den store og forventeligt mest rentable kategori 4 – hvis nedtagningen ikke skyldes repowering.

Denne analyse vurderes at give et mere nuanceret billede af, hvornår den fremtidige nedtagning af de gamle landmøller kan forventes end i tidligere analyseforudsætninger, hvor der har været større fokus på at vurdere brutto- og netto-udbygningen af landvind end på vurdering af nedtagningshastigheden af gamle landmøller.