

Egen lille mølle eller andele i en stor?

Af **TORGNY MØLLER**

Er sparepengene bedre placeret i andele i en stor mølle end i køb af en lille husstandsmølle?

Svaret blæser bogstavelig talt i vinden forstået på den måde, at mens det tidligere var det fornuftigste at købe andele i en stor mølle, kan en moderne, lille mølle på en vindmæssigt god placering og med optimal tårnhøjde og rotor faktisk i dag betale sig lige så godt som andele i en stor mølle, siger DV's økonomirådgiver Jørn Larsen.

Udgangspunktet for valget kan være et andet spørgsmål: Hvad er den rigtige pris for en vindmølle-andel på de typiske 1.000 kWh?

Her er to priser: Køberetsordningens og det frie markeds priser. Og her har det vist sig, at prisen på andele, der skal udbydes til naboerne i nye møller typisk er 1.000 kr. lavere end prisen på andele, der handles frit senere. VE-loven dikterer, at køberets-andelene sælges til kostprisen, og denne pris kan med andre ord tolkes som den reelle kostpris i dag, mener Jørn Larsen.

Arbejde selv eller købe færdig mølle

Hvis man selv stiller en mølle op i privat eller laugs-regi, kan man primært spare penge, hvis man selv ejer jorden, og dermed sparer jordleje. Det administrative arbejde omkring planlægning, opstart og drift af møllen skal stadig betales, påpeger han, men der kan man naturligvis også spare penge, hvis man selv kan udføre det. Når en lidt større husstandsmølle kan være en ligeså fornuftig investering som andele i en stor mølle, handler det om, at nogle husstandsmøller har været med til at give begrebet et dårligt ry, fordi de er blevet købt af folk, der ikke har undersøgt forholdene tilstrækkeligt - og solgt af sælgere, der burde være bedre til at vurdere vindforholdene på opstillingsstedet. Langt den hyppigste årsag til problemerne er



6 kW husstandsmølle lægges ned ved service...

manglende vind eller en forkert vurdering af ruheden i landskabet bl. a. på grund af læ fra bygninger og træer.

“Men hvis man har en god vindplacering og sørger for den rigtige tårnhøjde, kan det være en god investering,” siger Jørn Larsen.

Priser på andele og husstandsmøller

I dag svinger priserne på en 1.000 kWh andel i en nyetableret mølle fra 2.700 til 4.100 kr., og ligger ofte på 3.500-3.600 kr. De laveste priser finder man i projekter, hvor møllen eller møllerne rejses nær kysten eller i Vestjylland. Det er den vindmæssigt gode placering, der spiller ind og faktisk har størst indflydelse på andelsprisen, vurderer DV-konsulenten. Når det gælder husstandsmøller på op til og med 6 kW under tilbageløbs- eller nettomåler-ordningen, er det flere faktorer, der bærer dem frem i disse år: Den store fordel er, at møllen er indenfor ejerens egen installation, dvs. at den pri-

mært forsyner ejerens husstand og kun leverer evt. overskudsproduktion ud i nettet. Den kan hentes tilbage igen uden omkostninger. Egetforbruget fra møllen sparer dermed indkøb af elektricitet til mellem 2 og 2,25 kr./kWh inkl. afgifter og moms.

Til sammenligning er afregningsprisen for el fra nyopstillede store møller markedsprisen på ca. 30 øre/kWh plus et pristillæg på 25 øre/kWh i syv til ni år. Derefter er afregningsprisen for møller markedsprisen på el, som for tiden er ca. 30 øre/kWh. Ligeså stor betydning tillægger Jørn Larsen, at man har samme skattevilkår for små møller som for store, dvs. at en 6 kW husstandsmølle til 300.000 kr., der producerer 10.000 kWh, kan afskrives skattemæssigt over ejerens almindelige skattepligtige indkomst med 25% af møllens anskaffelses- og restværdi årligt. Afskrivningerne er i de første år med til at reducere den skattepligtige indkomst.

6 kW- og 25 kW-afregningspriser

“For husstandsmøller over 6 kW og op til og med 25 kW skal man også være opmærksom på, hvordan vindforholdene er på opstillingsstedet ligesom ved de små møller,” understreger Jørn Larsen. “For at få god økonomi i den type husstandsmøller er det vigtigt, at man kan udnytte så stor en del af møllens produktion som muligt direkte til erstatning for køb af el til mellem 2 og 2,25 kr. Den elektricitet fra møllen, der er solgt til nettet, kan ikke købes tilbage på samme vilkår som for møller på 6 kW og derunder. Solgt elektricitet afregnes her til 60 øre/kWh. Økonomien kan være lidt sværere at vurdere, men har man en god placering, hvor møllen producerer optimalt, og hvor man kan udnytte en stor del af produktionen direkte fra møllen, er økonomien også god for den type møller. Og hertil kommer sidst, men bestemt ikke mindst, for mange den psykologiske værdi af selv at kunne dække sit elforbrug ved hjælp af en vindmølle.”

Forlang dokumentation for små møllers produktion

Af **TORGNY MØLLER**

Kun godkendte vindmøller må opstilles i Danmark, men godkendelsen er ingen garanti for kvaliteten, når det gælder de mindste møller. Generelt opdeles mini- og husstandsmøller i fire grupper efter deres bestrøgningsareal: Møller under 1 kvadratmeter skal ikke godkendes. Møller med et bestrøget areal på en til fem kvadratmeter skal anmeldes til Godkendelsessekretariatet på Prøvestationen for Vindmøller på Risø. Og møller med fem til 40 kvm og møller over 40 til 200 kvm rotorareal skal typegodkendes. Når det gælder møller med op til fem kvadratmeter bestrøget areal, er godkendelsen mest en formsag, forstået på den måde, at der ikke foretages afprøvning af møllen eller kontrol af dens kvalitet eller produktionsevne. For disse møller kræves alene, at de overholder det såkaldte maskindirektiv, er CE-mærkede, og at der følger en dansk installations- og brugermanual med møllen, når den sælges. Først for møller med op til 40 kvm rotorareal suppleres med en egentlig godkendelsesprocedure. Den omfatter styrkeprøver af vingerne og tårnet til møllen. Hertil kommer krav om dokumentation for kvaliteten af tårn, fundament og maskinkabine. Fabrikanten eller importøren skal levere dokumentation for mindst tre måneders eller 500 fuldlasttimers drift, heriblandt to perioder med vindhastigheder på over 12 sekundmeter. Endelig afprøves denne mølletypes sikkerhedssystemer, primært sik-

ringen mod løbskørsel.

Mens godkendelsesproceduren for de to mindre mølletyper er danske, godkendes møller med op til 200 kvm bestrøget areal efter de europæiske og mere detaljerede normer. Grænsen på 200 kvm bestrøget areal betyder, at der i denne gruppe befinder sig både husstandsmøller med en effekt på op til 25 kW og større møller helt op til de 55 kW-møller, der blev opsat i tusindvis for 25-30 år siden, men som i dag ikke godkendes som husstandsmøller. Godkendelsen af møller mellem fem og 40 kvm foretages af Danmarks Vindmølleforenings mangeårige tekniske konsulent, Strange Skriver, som er bemyndiget hertil af Energistyrelsen. Han har siden 1990 fulgt udviklingen af både små og store møller herhjemme og i udlandet.

Når det gælder de mindste møller, som er blevet populære i de senere år, understreger han, at disse møller ikke er godkendte eller afprøvede, men alene "anmeldte". Betegnelsen på Risø-listen er blevet ændret efter at skuffede købere af små møller kritiserede, at "godkendte" møller ikke levede op til fabrikanterne eller sælgerens løfter.

"Derfor er det også især omkring disse møller, at en køber skal være omhyggelig med at få dokumentation for møllens kvalitet og især dens produktion, som er det, der oftest har skuffet", siger Strange Skriver. "Derudover bør man være opmærksom på, at der både for denne gruppe og de lidt større husstandsmøller bør være et fornuftigt for-

Fabrikant Manufacturer	Betegnelse Type	Størrelse Power [kW]	Rotor [m]	Areal Swept area [m ²]	Navnhøjde Hub height [m]	Godkendelses nummer Approval Number	Dato for udstedelse Issuance date	Dato for udløb Expiry date
Vindby ApS	Cyclon 2 kW	2	2,8	6,2	N.A.	SO-DV-09001 rev.1	06-05-2009	
THYMøllen	TEP 6 kW	6	7,13	39,9	21	SO-DV-10012	05-10-2010	05-10-2011
THYMøllen	TEP 6 kW	6	7,13	39,9	18	SO-DV-10013	05-10-2010	05-10-2011
Edgeflow	Edgeflow ***	9	2	12	-	SO-DV-10015	20-10-2010	20-10-2011
Dong Energy S&D	Windspire 1,2 kW ***	1,2	1,2	3,66	-	SO-DV-10016	16-11-2010	16-11-2011
Henrik Lynggaard	TEP 6kW	6	7,13	39,9	21	SO-DV-10017	16-11-2010	16-11-2011
Dansk Vindmølleformidling	TEP 6 kW	6	7,13	39,9	21	SO-DV-10018	16-11-2010	16-11-2011
Dybbøl Skolen	Ropalec Big Star Vertikal 20 kW ***	20	8	17,2	-	SO-DV-10020	29-11-2010	29-11-2011
Stella Anita Mark	Bornay 6 kW	6	4	12,56	-	SO-DV-10022	23-12-2010	23-12-2011
Wind Power Tree ApS	Wind Power Tree WPT3000	3	3,7	10,7	6	SO-DV-11002 rev.1	17-01-2011	17-01-2012
Carsten Søndergård	Sonkyo Windspot 6,0	6	6,33	31,5	21	SO-DV-11024	16-12-2011	16-12-2012
Dong Energy S&D	Windspire 1,2 kW***	1,2	1,2 x 6,1	7,3	N.A.	SO-DV-11007	02-05-2011	02-05-2012
Zeteco	ZEW6 0006	6	7,1	39,5	8-16	SO-DV-11008	10-06-2011	12-01-2012
Arne Damgård	KVA Vind 6	6	7,1	39,5	14	SO-DV-11011 rev.1	09-08-2011	09-08-2012
Beck-Ballum I/S	Hybrid Energi AB, HE-WT- 1,5A	3	3,5	9,62	-	SO-DV-11016	13-09-2011	13-09-2012
Beck-Ballum I/S	Hybrid Energi AB, HE-WT- 1,5A	2	3,5	9,62	-	SO-DV-11023	16-12-2011	16-12-2012
Carsten Sørensen	KVA Vind 5	5	5,4	22,9	-	SO-DV-11021	18-11-2011	18-11-2012
Brian Hinrichesen	Evanco Iskra R9000	5	5,4	22,9	18	SO-DV-11022	14-12-2011	14-12-2012
Thomas Schmidt	Braun Antaris 5,5 kW	5,5	5,1	20,4	21	SO-DV-11025	23-12-2011	21-12-2012
Scandinavian Wind	Scandinavian Wind, FDW- 5kW***	5	4,5 x 4,6	20,7	12	SO-DV-11026 rev.1	23-12-2011	23-12-2012
Blacksmith	Heyde Windtechnik, Heywind 5,5 kW	5,5	4,4	15,2	12	SO-DV-11027	31-12-2011	31-12-2012
Charles Gjørup	Sanwei Energy Technology Inc., SWT- 5kW	5	5,4	22,9	15,3	SO-DV-12001	05-01-2012	05-01-2013

*** VAWT (Vertical Axis Wind Turbine).

Fabrikant Manufacturer	Betegnelse Type	Størrelse Power [kW]	Rotor [m]	Areal Swept area [m ²]	Navnhøjde Hub height [m]	Godkendelses nummer Approval Number	Dato for udstedelse Issuance date	Dato for udløb Expiry date
HSWind ApS	25 kW HSWind	25	12,7	126,7	18	Risø-DTU 2008-02 rev.1	10-12-2010	10-12-2011
HSWind ApS	25 kW HSWind	25	13	133	18	Risø-DTU 2011-02 ver.1	24-02-2011	24-02-2013
Niels Willumsen	ZEW25-18	25	12,85	130	18	Risø-DTU 2010-08 rev.1	03-02-2011	10-12-2012
Zeteco Energy	ZEW25-18	25	12,85	130	18	Risø-DTU 2011-01a	29-03-2011	29-03-2013

Møller, som underkastes egentlig kontrol, afhængigt af det bestrøgne areal.

hold mellem generatorstørrelsen og det bestrøgne areal, dvs. vingernes længde. Vi har 5 kW-møller med en vingediameter på 5,5 meter, dvs. knap 24 kvm bestrøget areal, hvor det optimale for en 6 kW-mølle jo er et bestrøget areal op til f. eks. 39,6 kvm, som en vingediameter på 7,1 kan imødekomme. Det gør det bestrøgne areal, der er langt vigtigere end generatorstørrelsen, 70% større og øger produktionen tilsvarende. Men det er selvfølgelig den samlede økonomi ved indkøb, drift og elsalg, der er med til at bestemme, hvilken mølle man køber”.

Kvalitetsmæssigt er det Strange Skrivers indtryk, at møllerne i ”mellestørrelsen” generelt er af passende kvalitet, ligesom godkendelsesproceduren sikrer, at gruppen med op til 200 kvm rotorareal er det. ”Når det gælder de helt små møller, aner vi til gengæld ingenting om kvaliteten, så der bør man i hvert fald sikre sig dokumentation for ikke at handle i blinde,” understreger Strange Skriver. ”Og endelig bør der i denne som i andre sammenhænge naturligvis være et fornuftigt forhold mellem møllen og dens pris.” ■

Fabrikant Manufacturer	Betegnelse Type	Størrelse Power [kW]	Rotor [m]	Areal Swept area [m ²]	Navnhøjde Hub height [m]	Anmeldelsesnummer Registration number	Dato for udstedelse Issuance date	Dato for udløb Expiry date
Procure A/S	WG400	0.4	1.5	1.8	5.5	Risø DTU 20-10-2009	31-08-2009	
Procure A/S	WG600	0.5	1.5	1.8	5.5	Risø DTU 20-10-2009	31-08-2009	
Toria ApS og SJ Service	Futureenergy FE 1012/1024/1048	1	2.5	4.9	7.5	Risø DTU 26-10-2009	26-10-2009	
Logik og Co ApS	Venco-Twister 1000-T ***	1	1.9 x 1.9	3.6	3	Risø DTU 14-12-2009	14-12-2009	
Logik og Co ApS	Venco-Twister 1000-TL ***	1	1.9 x 1.9	3.6	3	Risø DTU 14-12-2009	14-12-2009	
Build a Mill ApS	BAM 400	0.4	2.2	3.8	6.3	Risø DTU 2010-01	12-04-2010	
Build a Mill ApS	BAM 600	0.6	2.4	4.5	6.3	Risø DTU 2010-01	12-04-2010	
Carlo Gavazzi Handel A/S	Mistral 3K	3	2.49	4.9	6	Risø-DTU-2010-05	25-05-2010	
Zeteco Energy	ZEWO3-6/FD2.5-300	0.3	1.5	1.8	6	Risø-DTU-2010-02	01-07-2010	
Zeteco Energy	ZEWO5-6/FD2.7-300	0.5	2.5	4.9	4.9	Risø-DTU-2010-03	01-07-2010	

** For anmeldte små vindmøller indgår ikke krav om dokumentation af elproduktion.

*** VAWT (Vertical Axis Wind Turbine).

De helt små møller, der kun skal anmeldes og ikke bliver kvalitetskontrolleret.

SMÅ MØLLER

Pas på forskellen på mini- og husstandsmøller

Af **TORGNY MØLLER**

Nogle fabrikanter og importører af små vindmøller har følt sig uretfærdigt ramt af den kritik af små vindmøllers produktionssevne, som er kommet til udtryk på Danmarks Vindmølleforenings temamøde om mini- og småmøller i september og her i bladet i oktober. Og deres møller kan faktisk godt være i stand til at producere mere, end utilfredse mølleejere beretter, erkender økonomikonsulent i Danmarks Vindmølleforening, Jørn Larsen.

Men ofte har sælgeren et medansvar, hvis produktionen alligevel ikke lever op til salgs-løfterne. Problemet er at sælger i mange tilfælde ikke er kritisk nok i vurderingen af nærliggende terræn, bygninger og træers påvirkning af møllens produktion.

Derfor anbefaler Jørn Larsen, at interesserede altid får lavet en uvildig vurdering af, hvad en given mølle kan producere på placeringen. Når det gælder de små møller, bør man i dag skelne mellem de helt små mini- og mikromøller med en effekt på nogle få kW på den ene side og på den anden side de små husstandsmøller, hvor effekten typisk er de 6 kW, der tillader møllen at komme under nettomåler-ordningen, og møller på op til 25 kW, der er grænsen for husstandsmøller, siger han.



... og rejses igen ved hjælp af en traktor.

Når konverteren "æder" produktionen

For de små mikro- og mini-møller har klager lydt på, at møllens konverter "æder" en forholdsmæssig stor del af produktionen fra møllen. Der findes i dag dog møl-

letyper, hvor konverterforbruget er reduceret væsentligt. Og udviklingen af konvertere er nok langt fra færdig.

"Desværre har det - trods talrige opfordringer - ikke været muligt for os at få dokumentation for en reel produktion fra de små minimøller, som svarer til, hvad sælgerne ofte stiller køberne i udsigt," oplyser Jørn Larsen. Hans indtryk er da også, at salget af mindre møller i dag er koncentreret om de lidt større husstandsmøller, enten på 6 kW under nettomålerordningen eller møller på 11-25 kW.

Hvad sælgerne burde fortælle

"Når det gælder disse husstandsmøller skal man imidlertid være opmærksom på, at også produktionen fra en velfungerede husstandsmølle bliver katastrofalt lavere, hvis en køber stiller den op på et for lille tårn eller på en placering, hvor den ikke får vinden frit ind. Et aktuelt eksempel er sælgeren, der fortæller en kunde, at en given 6 kW-mølle producerer 10-11.000 kWh om året; underforstået, at det vil kundens mølle så også kunne. Hvorefter produktionen hos køberen kun bliver det halve, fordi møllens placering er for ringe vindmæssigt. Så det kan måske godt være rigtigt, at møllen på en god placering og med et tilstrækkeligt højt tårn kan producere 10-11.000 kWh, men skuffelsen hos køberen er forståelig, når det viser sig, at sælgeren ikke var realistisk i sin vurdering af kundens placering til møllen. Og så er det, at møllen eller fabrikanten gerne får skylden."

Jørn Larsen konkluderer, at man ikke kan understrege kraftigt nok, hvor vigtig en tilstrækkelig tårnhøjde og bestrøget areal sammen med en fri vindplacering til en lille mølle er.

"Og det må være i fabrikanternes egen interesse at oplyse, hvad møllen reelt kan producere på den givne placering. Så har køberen en reel mulighed for at vurdere, om der skal investeres i en vindmølle eller i andre energiløsninger f. eks. solceller," siger han.

FAKTA

OM NETTOMÅLER-ORDNINGEN

Nettomåler-ordningen omfatter elproducerende solcelleanlæg og vindmøller med en installeret effekt på højst 6 kW, som giver ejeren ret til koble anlægget til husets elforsyning og lade el-måleren løbe baglæns, når produktionen er højere end forbruget. Dermed får man fuld pris, inkl. afgifter og moms for produktionen.

Husstandsmøller på over 6 kW men

maksimalt 25 kW og med 25 meter maksimal højde og et bestrøget areal på op til 200 kvadratmeter sender også primært produktionen ind til ejerens forbrug. Ejeren skal købe el som alle andre ved vindstille, mens overskudsproduktion kan sælges til nettet for 60 øre/kWh eller op mod det dobbelte af afregningsprisen for el fra større møller, der afregnes med markedspriser.

Når ulykken er sket...

Hvis møllen ikke lever op til fabrikantens løfter i købekontrakten, som i øvrigt skal bestå af en minimums-produktion og være skriftlig for at den kan bruges til noget, skal køberen uden tøven gøre fabrikanten opmærksom på det. Det må anbefales, at der i kontrakten samtidig er taget stilling til, hvordan der skal ske godtgørelse for en mangelsituation. Der er i øjeblikket møllekøbere, som overvejer at gøre krav gældende over for deres møllesælgere, oplyser Jørn Larsen.

”Her er problemet blot, at købekontrakter almindeligvis ikke tager stilling til en minimumsproduktion på den givne placering,

FAKTA

INGEN MOMS-REGISTRERING VED EGENFORSYNING

Hvis ejeren af en husstandsmølle udelukkende bruger strømmen fra sin mølle selv, vil han eller hun ikke kunne momsregistreres, heller ikke selvom en del af strømmen i perioder ”lagres” i nettet og senere tages ind til ejerens forbrug. Det fremgår af et svar fra Skatterådet.

Ejere af husstandsmøller kan godt blive momsregistreret, selvom omsætningen er under de 50.000 kr., der normalt er omsætningsgrænsen. Nogle sælgere og rådgivere omkring husstandsmøller har haft den opfattelse, at ejere af små møl-

ler også kunne blive momsregistreret, selvom de ikke havde noget netto-salg af elektricitet, men brugte hele produktionen selv, set på årsbasis.

Det har Skatterådet nu afvist med henvisning til, at husstandsmøllen ikke er etableret med henblik på at opnå varig indtægt, og at der ikke sælges el mod et vederlag, når sælgeren samlet set leverer elektriciteten til sig selv.

Kirsten Cato Jensen, Agro Nord, havde spurgt Skatterådet på vegne af Danmarks Vindmølleforening.

men som brochurematerialet fortæller, hvad møllen har vist, at den kan producere.”

Det kan sidst, men ikke mindst være en billig forsikring mod en fejlinvestering at få fortaget en uvildig vurdering af, hvad en given mølle kan producere på placerin-

gen. Den kan bestilles hos Danmarks Vindmølleforenings uvildige konsulenter for ca. 5.000 kr. Sammen med en økonomiberegning til ca. 2.000 kr. har man som møllekøber dermed et seriøst grundlag for at vurdere, om det er den investering, man vil foretage, mener Jørn Larsen. ■

MØD DINE KUNDER

Få en stand på Danmarks Vindmølleforenings årsmøde den 24. marts og mød nye og eksisterende kunder.

Firmaerne annonceres både i programmet i Naturlig Energi (se midteropslaget) og på vores hjemmeside (helt til efteråret 2012). I et særligt årsmødehæfte vil hvert firma desuden blive præsenteret med logo, kontaktdata og en kort beskrivelse.

Prisen i 2012 er 3.200,- kr.

Deadline til næste nummer af Naturlig Energi er 12. december.

Kontakt Linette Riis på tlf. 8611 2600 eller lr@dkvind.dk for at få tilsendt uforpligtende materiale.

DANMARKS
VINDMØLLEFORENING



Husstandsvindmøller med god energiproduktion



Af Per Nielsen
EMD International
og Danmarks Vindmølleforening

Der har været rejst spørgsmål omkring de forventede produktionstal for husstandsvindmøller, som bl. a. undertegnede har præsenteret, dels ved husmølleseminar i Fredericia sidste år, dels refereret i artikel i dette blad tidligere. Jeg har derfor tilbudt at sammenligne faktisk med beregnet produktion for to udvalgte Proven 11 (6 kW møller med 15,2 m navnhøjde og 5,6 meter rotordiameter), med henblik på at efterprøve modellens brugbarhed i forhold til husstandsvindmøller. Det skal indledningsvis nævnes, at de to udvalgte møller begge står på placeringer, der må betegnes som "over middel", da de står meget frit, dvs. med lav ruhedsklasse i hovedvindretninger og uden nævneværdige lokale lægiverer.

Når disse forbehold er nævnt, skal det også siges, at jeg er positivt overrasket over den gode produktion. Især at møllerne, som har kørt ca. 1 år, faktisk slet ikke har haft driftsstop. Der har generelt været rejst spørgsmål om kvaliteten af husstandsvind-

møller, og her må man konstatere, at Proven 11 med nærværende eksempel har bevist, at den lever op til sit navn som "godkendt".

Jeg har oprettet møllerne i beregningsprogrammet WINDPRO, hvor man etablerer det lokale terræn omkring mølleplaceringerne, og via generelle vinddata for Danmark beregner vindforholdene lige netop på møllens placering i navnhøjde. Med den beregnede vindfordeling og møllens effektkurve beregnes forventet årsenergiproduktion. Metoden kaldet Vindatlasmetoden er udviklet af Risø tilbage i 1979 og har siden været anvendt verden over som den foretrukne metode til beregning af vindmøllers energiproduktion, såvel små som store vindmøller. Selv udførte jeg som konsulent for Danmarks Vindmølleforening min første beregning i 1980 på en 30 kW Nordtank vindmølle ved Åbybro. Den kørte i 20 år fra 1981-2000. Siden har jeg udført adskillige tusinde beregninger, men frem for alt fulgt op på beregningerne, dvs. sammenlignet faktisk og beregnet produktion for løbende at blive klogere på, hvor problemområderne i beregningerne ligger.

Placeringerne

De to kontrolberegnete husstandsmøller står henholdsvis ved Græsted i

Nordsjælland, ca. 4 km fra vestkysten og på Samsø, ca. 1,5 km fra vestkysten. Græsted-møllen står højt, kote 25 m med et fald på ca. 8 m over et stræk på 350 meter i hovedvindretning. Samsø-møllen står ligeledes på en lille bakke i ca. kote 10 m, med et fald på ca. 2,5 meter over et stræk på 100 meter i hovedvindretning. Der er ret frit omkring de to møller, især i hovedvindretningen vest, se Google Earth-billederne, hvor man dog kan have svært ved at se læhegn. Der er for Samsø-møllen nogle læhegn og også lidt tættere bevoksning mod sydvest. Til gengæld er der så kort til kysten, at den gode vind over havet når at få markant positiv indflydelse. Det er meget væsentligt at der er frit et "pænt langt stykke" ud i terrænet. For Samsø-møllen er de første 1-2 km ca. ruhedsklasse 2, mens de tilsvarende for Græsted-møllen er ca. klasse 1 til 1,5. Når begge ender op med ca. ruhedsklasse 1-produktion, skyldes det kombinationen af bakke og ruheder i forskellige afstande. Produktionen fra de to møller ses på de to kuver på side 15. Regner man lidt mere detaljeret på det, tages gennemsnitsproduktion for alle måneder og divideres med gennemsnitsindeks over alle måneder. Herved får man den vindindeks-korrigerede gennemsnitlige månedproduktion. Ganges med 12 har man forventet gen-



Placeringen af husstandsmøllen ved Græsted på Nordsjælland.



Placeringen af husstandsmøllen på Samsø.

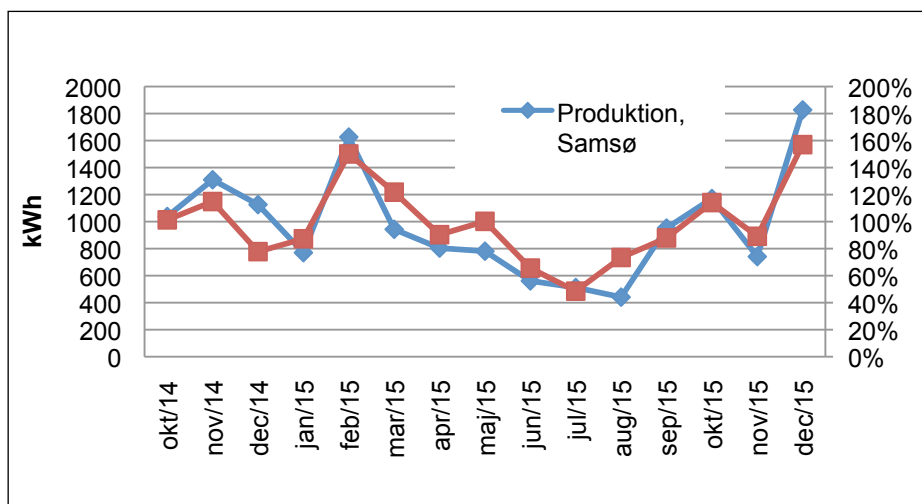
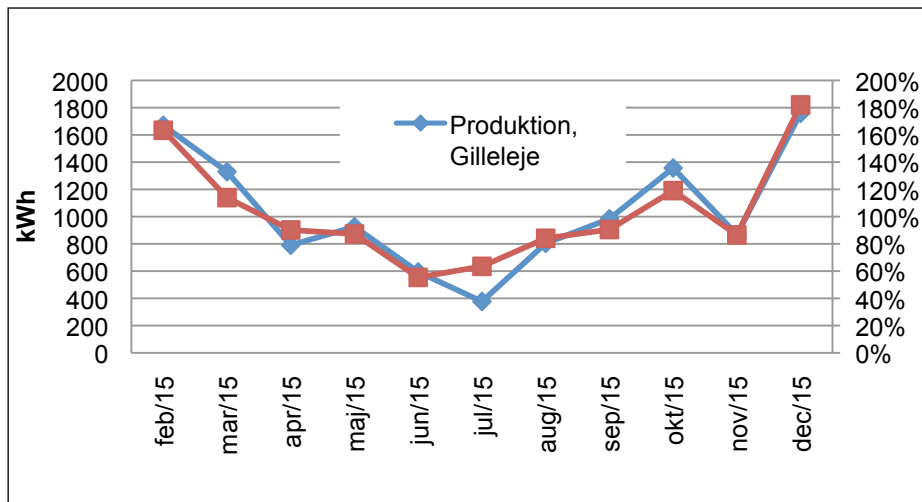
nemsnitts -årsenergiproduktion, forudsat vindindekset er 100% i gennemsnit over den periode møllen kører. I 2011 var indekset præcist 100%, men ser man over de seneste 10 år har det været nede omkring 94% - omvendt var det oppe omkring 106% fra 1990-99, så der kan være store udsving fra årti til årti, og ingen ved hvordan det næste årti bliver.

Det er glædeligt at se produktionen følge vindenergiindekset så pænt, det vidner bl.a. om, at der ikke har været længere driftsstop, da disse ville vise sig som en lav produktion i forhold til vindenergiindeks.

Beregninger/sammenligning til faktisk produktion

I tabel 1 på side 16 er vist den vindindeks-korrigerede produktion sammen med beregnet produktion.

Faktisk produktion er simpelt månedsgennemsnit for alle måneder i drift (uden indkøringsmåneden) gange 12, dvs. det er det, møllen indtil nu reelt har præsteret. Men da dette afhænger meget af vindforholdene måned for måned, er i næste linje vist den vindindekskorrigerede årsproduktion. Endelig den beregnede produktion.



Månedlige energiproduktionstal for de to møller vist sammen med det regionale vindenergi-indeks. Hvis kurverne falder oven i hinanden, er årsproduktionen korrigeret med vindenergiindeks $12 \times 1000 = 12.000 \text{ kWh/år}$. Dette ses næsten at være tilfældet for begge møller.

Godhed er forholdet mellem vindindeks-korrigeret og beregnet produktion. Er godhed over 1 produceres mere end beregnet, er den under 1 produceres mindre. Der er en meget flot overensstemmelse mellem beregnet og vindkorrigeret produktion for begge møller. Det ses også, at hvor Græsted møllen beregnes 2% lavere end Samsø møllen, producerer denne 2% mere, hvilket dog er ”småtteri”, som klart ligger indenfor beregningsusikkerhed. Man må nok for husstandsmøller leve med en beregningsusikkerhed i størrelsesordenen 15%. At det går ”så godt” her skyldes i høj grad de meget ”rene” placeringer, uden nævneværdig indflydelse af lokale lægivere, dvs. lægivere indenfor ca. 500 meters afstand. Er der sådanne, øges usikkerheden betragteligt. Lægivere længere væk er med til at øge ruhedsklassen, som er meget afgørende, men her er modellen ikke så usikker, som når det angår de meget nære lægivere. Men at der regnes så præcist skyldes også en stor grundighed omkring kalibrering af beregningsresultatet med nærved liggende eksisterende møller med mange års driftserfaring. Her gennemgås kortfattet, hvor-

	Græsted	Samsø	Relativ *)
Faktisk produktion, kWh/år	12.501	11.682	1,07
Vindindeks korrigeret, kWh/år	12.104	11.845	1,02
Beregnet produktion, kWh/år	11.978	12.200	0,98
Godhed	1,01	0,97	1,04

*) Relativ er Græsted divideret med Samsø

Tabel 1. Faktiske og beregnede produktioner

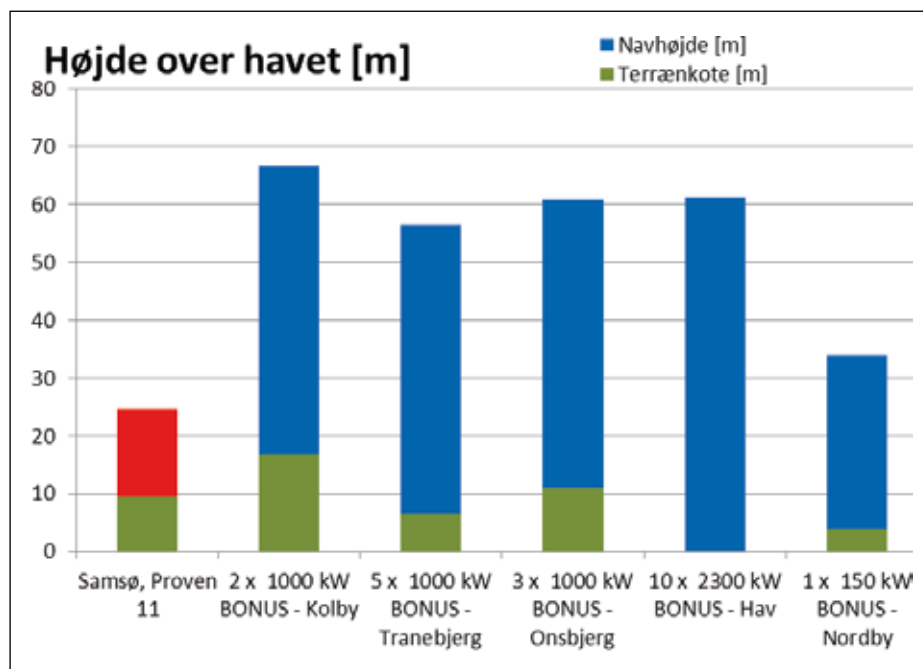
ledes dette gøres, eksemplificeret med Samsø, hvor der er mange vindmøller.

Præcisionens betydning

Når vi i dag regner på nye store mølleprojekter, er præcisionen i beregningen meget afgørende. Et projekt på f. eks. 12 MW (4 x 3MW-møller) producerer eksempelvis 40 GWh/år – blot 5% fejl har da en værdi af 2 GWh/år. Da projekter sælges for priser omkring 5000 kr./MWh/år, er værdien af fejlen 10 mio. kr. – dvs. det er det, projektet er mere eller mindre værd afhængig af, hvilken side fejlen falder ud til. Det er derfor ”pengene værd” at udføre en grundig analyse i forbindelse med beregningen for at minimere fejlen (usikkerheden). Der

vil det imidlertid næppe være realistisk økonomisk at gennemføre så grundige analyser ved husstandsmøller, da en sådan beregning vil koste i størrelsesordenen 20.000 kr. Men ønskes en ”rimelig” beregning, hvor man reducerer på analyse-delen og dermed accepterer en større usikkerhed, kan man nok få gennemført en beregning for i størrelsesordenen 3-5.000 kr.

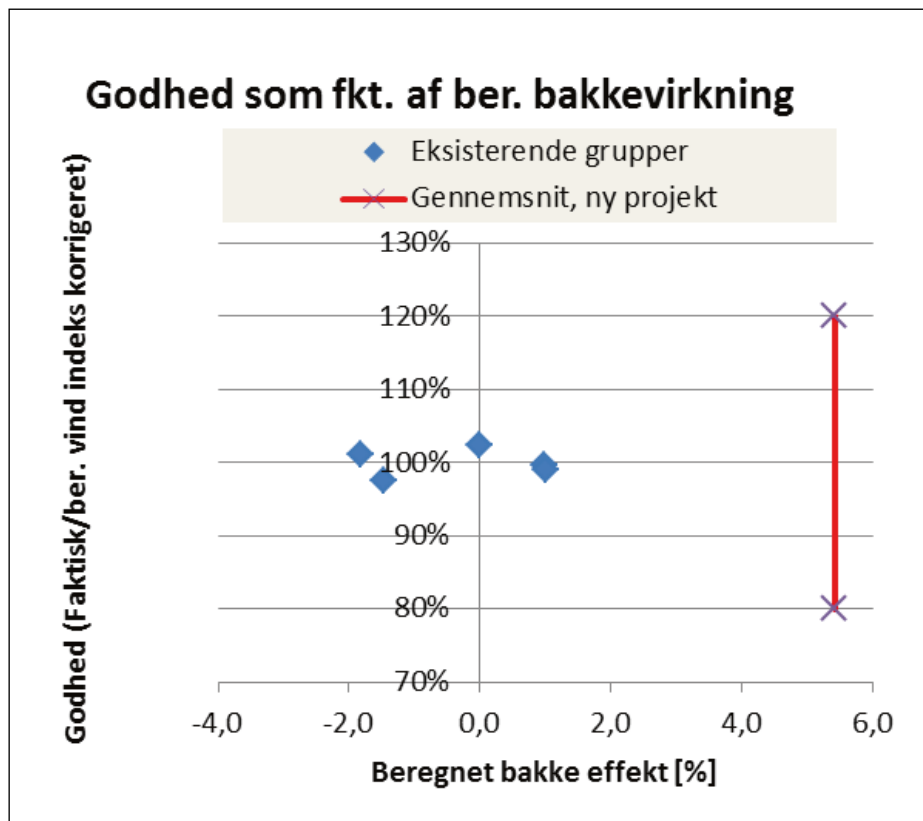
Graferne i figur 1 og 2 viser, hvorledes der er en potentiel risiko for såvel over- som undervurdering ud fra forskellen mellem husmøllen og de eksisterende større mølles produktion i forhold til beregnet. Figur 3 viser ”slutresultater”, hvor der er korrigeret for såvel forholdet mellem faktisk og beregnet produktion for de eksisterende møller som med erfaringsbaserede fejl i de anvendte mølles effektkurver. Det skal afslutningsvist nævnes, at den beregnede modelkorrektion i de to eksempler her er + 7,8% for Samsø-placering og + 13% for Græsted-placering. Det er forholdsvis høje korrektioner, der normalt ligger indenfor +/- 5%. Forklaringen er for Samsø’s vedkommende formodentlig, at man her grundet det meget hav omkring øen har et bedre vindklima end data-grundlaget/model forudsiger. For Græsted-placeringen er datagrundlaget generelt meget usikkert, fordi der næsten



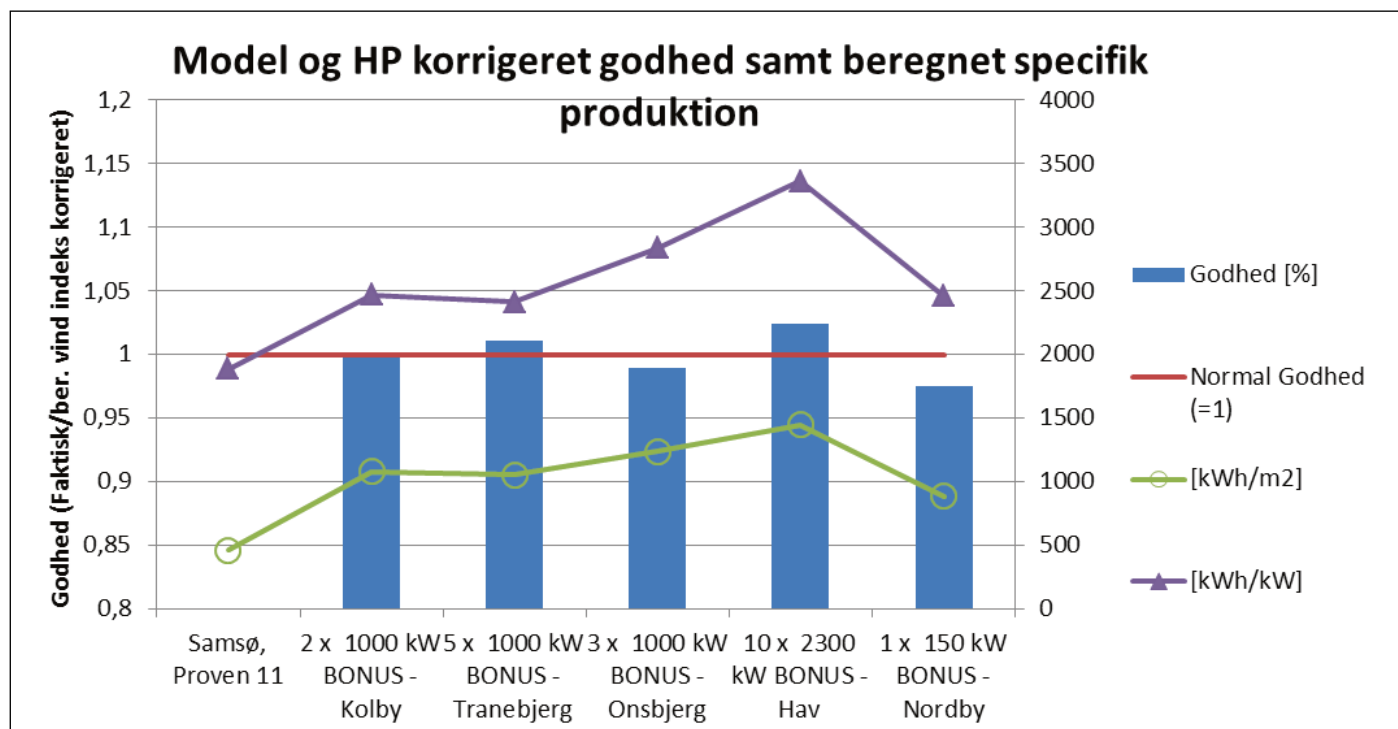
Figur 1. Højden over havet er erfaringsmæssigt en mulig fejlkilde. Erfaringsmæssigt producerer møller lidt bedre i forhold til beregnet jo højere over havet rotoren er placeret. I dette tilfælde vil der derfor være et ”rødt flag”, fordi den beregnede mølle (rød søjle) er væsentligt lavere end kontrolmøllerne.

ingen eksisterende møller er i området. Da datagrundlaget i sin tid blev kalibreret med nogle hundrede møllers faktiske produktion fordelt over landet, var der måske kun en enkelt i Nordsjælland, og denne faldt så uheldigt ud, at den trak korrektionen ned i dette område. I denne beregning er der kun én kontrolmølle, en 600 kW Micon-mølle 4 km sydvest for husmøllen, der producerer 13% mere end beregnet ud fra datagrundlaget. Det er således et meget spinkelt grundlag at korrigere ud fra.

Selve kalibreringen af vinddata-grundlaget ligger helt tilbage til 1992 – denne kalibrering burde naturligvis opdateres,



Figur 2. Omvendt er den beregnede bakkeeffekt for den nye mølle (husstandsmøllen vist med rød streg), væsentligt højere end for kontrolmøllerne. Erfaringsmæssigt undervurderes bakkevirkning i beregning, og der er derfor en "upside" her.

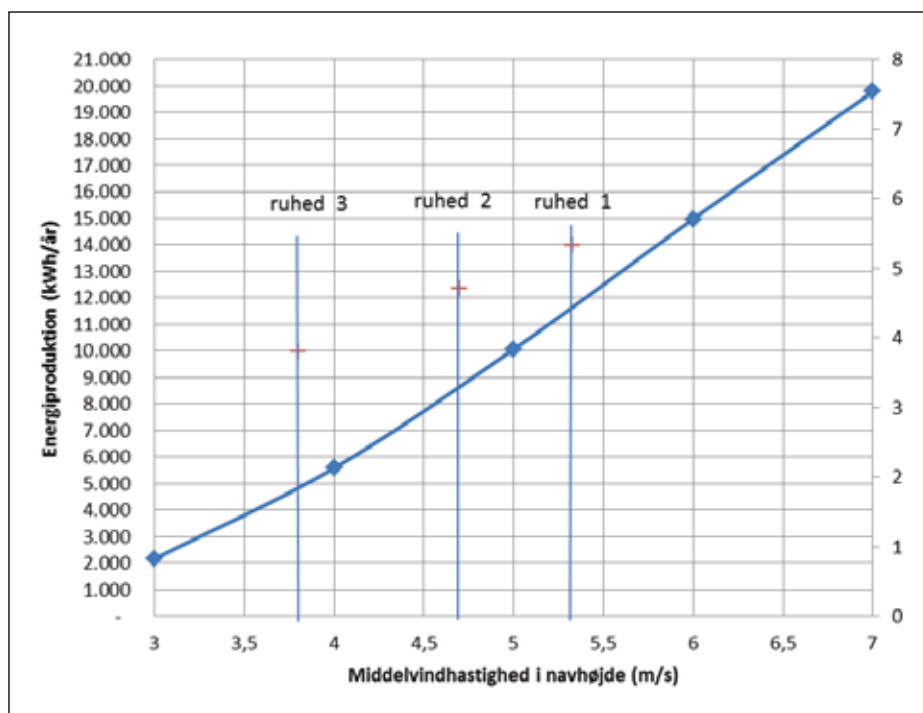


Figur 3. Godhed, dvs. faktisk vindkorrigeret produktion divideret med beregnet for de eksisterende grupper af møller viser, at disse ligger indenfor +/-2,5%. Modellen kalibreres, så gennemsnit af disse er 1,00, med mindre specielle forhold taler for, at den skal være større eller mindre, f. eks. hvis de mølletyper, der indgår, erfaringsmæssigt producerer bedre eller ringere end beregnet (effekturvej). Der vises også hvor meget, der beregnes produceret pr. kW og pr rotorareal – disse værdier er gode pejlemærker for, om beregningen er realistisk. For husmøllen er beregnet produktion f. eks. 500 kWh/m²/år, mens den for de store offshore-møller er 3 gange højere. Det er vanskeligt at vurdere, om det er realistisk grundet den store forskel i mølletype og højde – men da den "nye" mølle jo allerede har kendte produktionsdata, ved vi nu, at det er realistisk.

såvel baseret på de nye meget store møller som de nye små møller. En omfattende opgave, som man desværre ikke lige udfører på et par uger. Man kunne også overveje at få beregnet et detaljeret vindressource-kort for husmøller, f. eks. i højderne 5, 10, 15 og 20 m, med et beregningspunkt for hver 10 meter. Datagrundlaget hertil findes ved KMS, hvor hvert et træ og hver en bygning i Danmark findes i digital form med placering og højde. Derfor kan lægivereffekten, som er så væsentlig for husmøllerne, indregnes. Men det er et endnu mere omfattende projekt. Det vil imidlertid kunne resultere i et produkt, hvor man blot ved at udpege placering på Google-kort og vælge mølletype og navhøjde, ville kunne fortælle forventet årsenergiproduktion med en rimelig stor præcision. Herved kunne sikres mod fejlinvesteringer og frem for alt kunne man sikre, at møllen placeres præcist der ved ejendommen, hvor den giver mest energi. Og her kan kommunerne også være behjælpelige. Der er, som jeg forstår det, en vis fleksibilitet i retningslinjerne for, hvor tæt ved bygninger husmøllerne skal stå. Ved ikke at kræve, at møllerne skal stå meget tæt ved bygninger, er mulighederne for en god energiproduktion langt bedre.

Pas på de lokale lægivere

Konkluderende kan man sige at beregningsmodellen, vindatlas-metoden, virker meget præcist, også på husstandsmøller. Men det er væsentligt at kalibrere datagrundlaget med erfaringsdata fra eksisterende møller i området, med den unøjagtighed, der pt. er i datagrundlaget for Danmark. Det må dog pointeres, at de to kontrolberegnete møller står på meget gode og dermed beregningsmæssigt ukomplicerede placeringer. Der er således gennem denne kontrol ingen sikkerhed for, hvor godt metoden virker på placeringer med megen lokal lævirkning. Hvis en husmølle-ejer har et sådant eksempel, stiller jeg gerne op til en kontrol



Figur 4. Energiproduktion som funktion af vindhastighed i navhøjde. Tilhørende ruhedsklasse er vist for navhøjde 15 meter. Her er forudsat helt fladt terræn. Så når de beregnede møller i denne artikel producerer svarende til lidt bedre end ruhedsklasse 1 skyldes det de står på bakker. Tilsvarende vil møller placeret i f. eks. Vestjylland producere bedre i forhold til ruhedsklassen, da vindforholdene her generelt er bedre. Dette indgår i beregningsmodellen som en landsdelskorrektion,

af beregningsmetoden i denne terræntype. Med de to eksempler er økonomien groft opstillet: Hvis man har et elforbrug på 12.000 kWh om året og betaler 2 kr./kWh er besparelsen 24.000 kr./år. Tager man højde for der er nogle driftsomkostninger og måske knap så højt energiforbrug, er besparelsen i meget runde tal 20.000 kr./år. Med en investering i runde tal på 300.000 kr. er den simple tilbagebetalingstid 15 år. Det synes helt fornuftigt, taget i betragtning at man sikrer sig mod fremtidige stigninger på elprisen. Ved udnyttelse af skattemæssige afskrivninger kan den reelle tilbagebetalingstid være mindre, men jeg vil ikke her forsøge en nærmere udredning af økonomien. Man skal dog huske, at det er gode placeringer med lav ruhed og god bakkeeffekt. Mange steder i Danmark er ruheden væsentlig højere, og er produktionen eksempelvis kun den halve (se figur over energiproduk-

tion), så vokser den simple tilbagebetalingstid til 30 år. Det betyder at vindmøllen set som rent investeringsobjekt næppe er attraktiv, men glæden ved selvforsyning er der. Så blot man er bevidst, om hvorfor man køber en husmølle, og kender de økonomiske konsekvenser, kan det være ganske fornuftigt også på ringere vindmæssige placeringer. Det skal bemærkes, at Proven 11 i dag sælges under navnet KW6.

Ruhedsklasserne

Tabel 2 på næste side viser beskrivelsen af ruhedsklasserne. Som det fremgår falder energiniveauet markant med ruhedsklassen. Og det er væsentligt at bemærke, at det ikke kun er ruhedsklassen helt tæt ved møllen, men ruhedsklassen i en afstand på omkring 20 km, der bestemmer vindforholdene. Dog vil det for husmøller være de første par km, der er mest afgørende.

Men som et eksperiment har jeg for Samsø-møllen prøvet at regne uden vand omkring øen, dvs. erstattet havet med en ruhedsklasse 2 i beregningen. Beregnet produktion falder da med ca. 20% - så der er altså en væsentlig gevinst ved at være tæt ved havet, også selv om det som her ligger ca. 2 km fra mølleplaceringen. Tilsvarende vil et skovområde et par km fra møllen kunne reducere energiproduktionen væsentligt. ■

Ruheds-klasse	Ruheds-længde	Relativ energi	
0	0,0002	100	Vand.
0,5	0,0024	73	Landskab med blandet vand og land.
1	0,03	52	Åbne landbrugsarealer uden tværgående hegn og med ingen eller meget spredt bebyggelse. Kun "bløde" bakker.
1,5	0,055	45	Landbrugsland med nogen bebyggelse og tværgående 8 m høje læhegn med afstanden ca. 1250 m.
2	0,10	39	Landbrugsland med nogen bebyggelse og tværgående 8 m høje læhegn med afstanden ca. 500 m.
2,5	0,20	31	Landbrugsland med mange gårde med kraftig bevoksning eller tværgående 8 m høje hegn med 250 m afstand.
3	0,40	24	Landsbyer, mindre byer, landbrug med mange eller høje læhegn, skovområder og meget "kantet" terræn.
3,5	0,80	18	Større byer, med høje bygninger.
4	1,6	13	Meget store byer (millionbyer). Storbyområde med højhuse.

Tabel 2. Ruhedsklasser og tilhørende relative energi, hvor ruhed 0, hav, er sat til 100%